

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.Г. ШУХОВА

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК
БГТУ им. В.Г. ШУХОВА

№ 4, 2017 год

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

Главный редактор: д-р техн. наук, проф. Е.И. Евтушенко

Зам. главного редактора: канд. техн. наук, доц. Н.И. Алфимова

Редакционная коллегия по основным направлениям работы журнала:

академик РААСН, д-р техн. наук, проф. Баженов Ю.М.;

академик РААСН, д-р техн. наук, проф. Бондаренко В.М.;

д-р техн. наук, проф. Богданов В.С.; д-р техн. наук, проф. Борисов И.Н.;

д-р экон. наук, проф. Глаголев С.Н.; д-р техн. наук, проф. Гридчин А.М.;

д-р экон. наук, проф. Дорошенко Ю.А.;

член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, проф. Лесовик В.С.;

д-р техн. наук, проф. Мещерин В.С.; д-р техн. наук, проф. Павленко В.И.;

д-р техн. наук, проф. Патрик Э.И.; д-р техн. наук, проф. Пивинский Ю.Е.;

д-р техн. наук, проф. Рубанов В.Г.; Ph. D., доц. Соболев К.Г.;

д-р техн. наук, проф. Строкова В.В., н. с. Фишер Ханс-Бертрам;

д-р техн. наук, проф. Шаповалов Н.А.

Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова» включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Дребезгова М.Ю., Чернышева Н.В.

КИНЕТИКА ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ГИДРАТАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ (ЧАСТЬ 2)

6

Кочергин Ю.С., Золотарева В.В., Григоренко Т.И.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНО-КАУЧУКОВЫХ ПОЛИМЕРОВ

10

Алфимова Н.И., Пириева С.Ю., Федоренко А.В., Шейченко М.С., Вишневская Я.Ю.
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

20

Рыбникова И.А., Рыбников А.М.

ОПЫТ УСТРОЙСТВА ЗАГЛУБЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ СПОСОБОМ СВАЙНАЯ «СТЕНА В ГРУНТЕ»

26

Иванченко В.Т., Басов Е.В.

ОБРАЗОВАНИЕ КОНДЕНСАТА НА ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

32

Тарасенко В. Н., Черныш Н. Д.

СОЗДАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО АКУСТИЧЕСКОГО РЕЖИМА В УЧЕБНОЙ АУДИТОРИИ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ОЦЕНКИ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЯ

36

Лебедев В.М., Кряж А.А.

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

41

Иванченко В.Т., Гражданкин А.А.

УТОЧНЕНИЕ СОЛНЕЧНОГО КЛИМАТА Г. КРАСНОДАРА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

47

Делова М.И.

К РАСЧЕТУ ИЗГИБАЕМЫХ КЛЕЁНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПЕРВОЙ ГРУППЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

52

Обернихин Д.В., Никулин А.И.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ

56

Рудакова О.Н.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ БЕРЕГОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ, КАК КОНТАКТНЫХ ЗОН УРБАНИЗИРОВАННОГО И ПРИРОДНОГО ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ПРИДНЕСТРОВСКОГО ПРИРЕЧЬЯ)

60

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Андронов С.Ю.

ТЕХНОЛОГИЯ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ХОЛОДНОГО ЩЕБЁНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТА

67

Задирака А.А.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И/ИЛИ ПОКРЫТИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

72

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Семикопенко И.А., Воронов В.П., Юрченко А.С.

ОПИСАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ БРОНЕПЛИТ КЛАССИФИЦИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЕЗИНТЕГРАТОРА

76

Теличенко В.И., Васильев В.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ИМПУЛЬСОВ В БЕТОННОЙ СМЕСИ ПРИ УДАРНО-ВИБРАЦИОННОМ ФОРМОВАНИИ

80

Герасимов М.Д.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА АСИММЕТРИИ ВЫНУЖДАЮЩЕЙ СИЛЫ МНОГООУПЕЧНОГО ВИБРАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА НАПРАВЛЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

86

Липчанская Ю.Г. ДВИЖЕНИЕ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА В ОБЪЕМЕ УСТРОЙСТВА ВОЗВРАТА КЛИНКЕРНОЙ ПЫЛИ В ХОЛОДИЛЬНИК	92
Шрубченко И.В., Хуртасенко А.В., Гончаров М.С. КОНТАКТНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ БАНДАЖЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАРАБАНОВ	95
Богданов В.С., Богданов Н.Э., Ельцов М.Ю., Александрова Е.Б., Гаврунов А.Ю., Карагодина К.И. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА РАБОТУ ВИБРОВРАЩАТЕЛЬНОЙ МЕЛЬНИЦЫ	101
Колесник В.В., Рубанов Ю.К., Токач Ю.Е., Лимаренко М.В. СОЗДАНИЕ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	110
Семикопенко И.А., Воронов В.П., Юрченко А.С. ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЧАСТИЦ УДАРОМ В ЗОНЕ УСТАНОВКИ БРОНЕПЛИТ КЛАССИФИЦИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЕЗИНТЕГРАТОРА	115
Макаров А.Н. ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ	117

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Горлов А.С., Савотченко С.Е., Петрашев В.И., Горлов К.А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГАЗОВЫЙ ПОТОК В ВИХРЕ-АКУСТИЧЕСКОМ ДИСПЕРГАТОРЕ	123
Щербинина О.А., Щербинин И.А. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ «ВЗЛЕТ, ЛОГИКА И КМ-5» НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНЫХ КОРПУСОВ ФГБОУ ВО БГТУ ИМ. В.Г. ШУХОВА	127
Шаптала В.Г., Шатала В.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ПЫЛЕОСАДИТЕЛЬНЫХ КАМЕРАХ ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧЕЙ	132
Янчуковский В.Н. СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕННОГО КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ОБЪЕКТОВ С ОДНОРОДНЫМИ ПРИЗНАКАМИ – МОДЕЛЬ И РЕАЛИЗАЦИЯ	138
Латкин М.А., Нестерова Н.В., Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю. ВЫБОР МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕАГИРОВАНИЮ НА ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ ПРЕДПРИЯТИЯ	145
Девятилова Е.М. ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ НА ОПОРАХ КОЛЬЦА С НЕРАСТЯЖИМОЙ СРЕДНЕЙ ЛИНИЕЙ	150
Гвоздевский И.Н. МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЙ	155

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Карамышев А.Н., Казаева М.С., Абросимова Е.В., Федоров Д.Ф. АНАЛИЗ ПРОЦЕССНОЙ МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ «ШЕСТЬ СИГМ»	160
Митрофанов С.В., Данилова Т.В., Митрофанова Л.А., Северин Н.Н., Радоуцкий В.Ю. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СФЕРЫ ТУРИЗМА	164
Сулейманова А.В. МЕХАНИЗМ ВЗИМАНИЯ АРЕНДНОЙ ПЛАТЫ В ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ ГОРОД УФА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	172

Зенин А.Ю., Калач А.В., Калач Е.В. ОЦЕНКА И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТАРИФНЫХ СТАВОК ПО ПРОТИВОПОЖАРНОМУ СТРАХОВАНИЮ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	178
Малыхина И.О., Брежнев А.Н. ФОРМИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ РЕГИОНА НА ПРИНЦИПАХ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ	184
Брянцева Т.А., Шевченко М.В. НАЛОГОВОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ КАК ФАКТОР АКТИВИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	188
Щетинина Е.Д., Овчарова Н.В. ИНСТРУМЕНТАРИЙ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИЙ В СИСТЕМЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ	193
Винник А.Е., Прядко С.Н. ИСТОЧНИКИ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ В УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫМИ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ	199
Герасименко О.А., Авилова Ж.Н. ПОНЯТИЕ, ПРИЗНАКИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРАКТОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КАК ФОРМЫ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РЕГИОНЕ	203
Безуглый Э.А., Кутергин Н.Б., Алексеев Н.А., Ковалева Е.Г. ЦЕНТРАЛЬНЫЙ БАНК РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ЭМИССИЯ НАЛИЧНЫХ ДЕНЕГ И ОРГАНИЗАЦИЯ ДЕНЕЖНОГО ОБРАЩЕНИЯ	209
Ткаченко Ю.А., Вяткина Е.О. ВНУТРЕННИЙ КОНТРОЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ФИЛИАЛАХ СТРОИТЕЛЬНОГО ВУЗА	213

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.12737/article_58e61338092948.10146673

*Дребезгова М.Ю., аспирант,
Чернышева Н.В., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

КИНЕТИКА ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ГИДРАТАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ (ЧАСТЬ 2)

mdrebezgova@mail.ru

Для повышения эффективности технологий строительства необходимо создание специальных быстротвердеющих композитов нового поколения с использованием не дорогих, повсеместно доступных строительных материалов, которые могли бы отвечать высоким требованиям по долговечности, энергоэффективности, экологичности и при этом создающих комфортность среды обитания. Для этих целей предлагаются быстротвердеющие композиционные гипсовые вяжущие (КГВ) с минеральными добавками разных генетических типов, для применения которых необходимы знания сложных процессов их гидратации на ранних стадиях твердения. Интегральным результатом элементарных процессов гидратации и структурообразования КГВ под действием различных факторов является изменение во времени показателей их теплоты выделения.

Ключевые слова: композиционные гипсовые вяжущие, кинетика теплоты выделения, термокинетические зависимости, реакционная способность, минеральные добавки.

Основная часть. Ранее [1, 2], с помощью изотермического дифференциального микрокалориметра, включающего ряд устройств для автоматического построения зависимостей $dQ/dt=f(\tau)$ и $Q=f(\tau)$, были изучены термокинетические закономерности интенсивности и полноты ранних стадий гидратации гипсовых вяжущих Г-5, Г-16 и их сочетания (Г-5+Г-16), с момента смешения с водой.

В данной работе представлены результаты исследования термокинетических закономерностей интенсивности и полноты ранних стадий гидратации композиционного гипсового вяжущего (КГВ) и компонентов, входящих в его состав – смеси гипсовых вяжущих (Г-5-70%+Г-16-

30 %), портландцемента (ПЦ), а также кинетики теплоты выделения минеральных добавок разного генезиса – тонкомолотых отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (отходов ММС), нанодисперсного порошка кремнезема (НДП) из гидротермальных источников вулканогенных областей и тонкодисперсного мела, с момента их смешения с водой.

Концентрация добавок (в %) от массы КГВ выбрана из расчета достижения максимального технологического эффекта. Вес образцов – 10 г, В/Вяз=0,5. Длительность фиксируемых изменений показателей теплоты выделения составляет от нескольких часов до 1–3 сут.

Таблица 1

Термокинетические показатели КГВ и его компонентов

Составы		Начало реакции с	Экзоэффект			Теплотыделение макс. за 72ч Дж/г
№ п/п	Соотношение компонентов		момент достижения ч, мин, с	Величина максимума, Дж/гч	Теплотыделение Дж/г	
1	Отходы ММС	22	01 мин 12 с	6,27	0,08	16,36
2	НДП кремнезема	32	02 мин 04 с	67,31	1,38	11,82
3	Мел	22	00 мин 32 с	2,96	0,01	0,03
4	Г-5(70 %) + Г-16(30 %)	22	02 мин 47 с	37,35	1,23	89,27
			48 мин 48 с	98,37	59,5	
5	ПЦ	12	5 мин 29 с	64,81	3,31	286,22
			16 ч 41 мин 13 с	11,12	133,61	
6	КГВ*	22	26 мин 46 с	102,06	38,05	96,16
7	КГВ* + НДП кр. + мел	22	25 мин 56 с	102,11	38,94	94,92

Примечание: КГВ* – с отходами ММС; состав КГВ (% по массе): гипсовое вяжущее (Г-5+Г-16) – 70, портландцемент (ПЦ) – 15, тонкомолотые отходы ММС – 15; НДПкр – 0,45 (от массы ПЦ); мел – 5 (от массы КГВ).

В результате проведенных исследований было установлено, что **отходы ММС** – через 22 с после контакта с водой проявляют реакционную способность, а через 1 мин 12 с скорость их тепловыделения достигает максимального значения – 6,27 Дж/гч. Затем интенсивность остаточного уровня тепловыделения плавно снижается

и к 72 ч сохраняется на низком уровне, равном 0,05 Дж/гч, с количеством выделившегося тепла – 16,36 Дж/г, что может свидетельствовать о микротрещиноватости (дефектах кристаллической структуры) минеральной добавки, увеличивающей ее гидравлическую активность (рис. 1, табл. 1).

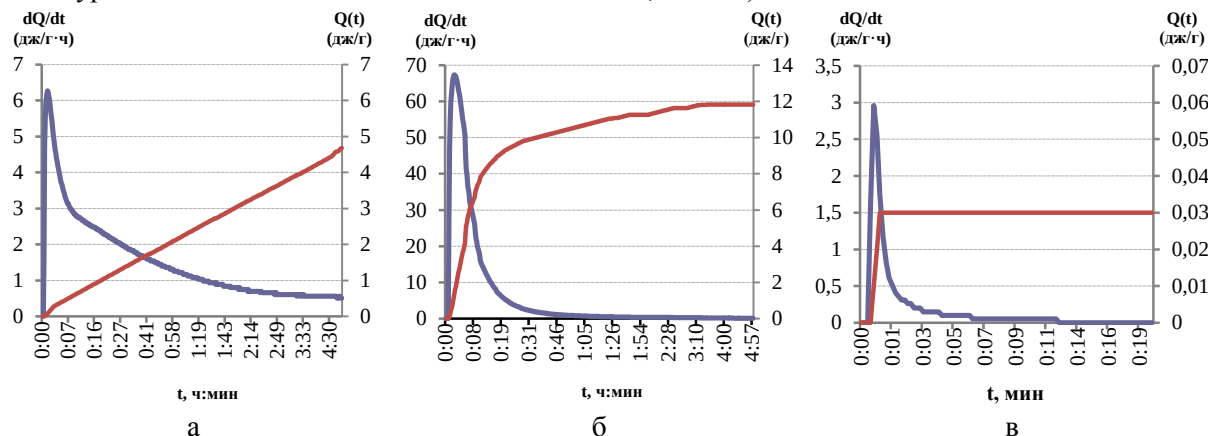


Рис. 1. Зависимость интенсивности скорости и тепловыделения минеральных добавок от времени: а – отходы ММС; б – НДП кр.; в – мел

Аналогичное явление наблюдается у **НДП кремнезема**, проявляющего через 32 с при взаимодействии с водой реакционную способность, скорость тепловыделения которого быстро (через 2 мин 04 с) достигает максимального значения 67,31 Дж/гч (в 10 раз больше, чем у отходов ММС) и сравнимо со скоростью тепловыделения портландцемента. Через 5 ч 54 мин 29 с уровень тепловыделения снижается до нуля (рис. 1, табл. 1).

У **мела** реакционная способность проявляется через 22 с после контакта с водой и уже через 32 с скорость тепловыделения достигает максимального значения – 2,96 Дж/гч. При этом интенсивность основного пика тепловыделения приблизительно в 2 раза меньше, чем у отходов ММС и в 23 раза меньше, чем у НДП кремнезе-

ма, а нулевой уровень тепловыделения устанавливается практически через 7 с, т.е. намного быстрее, чем с другими добавками.

Ранее [1] было выявлено, что смесь гипсовых вяжущих **Г-5(70%)+Г-16(30%)** через 22 с после взаимодействия с водой проявляет реакционную способность, а через 2 мин 47 с фиксируется первый пик скорости тепловыделения, равный 37,35 Дж/гч. Количество выделенного тепла составляет 1,23 Дж/г. Затем, через 7 мин 48 с, скорость тепловыделения снижается до 31,64 Дж/гч и наступает первый индукционный период, сменяющийся ускоренным (главным) периодом гидратации и через 48 мин 48 с скорость тепловыделения достигает максимального значения – 98,37 Дж/гч с количеством выделенного тепла – 59,5 Дж/г (рис. 2).

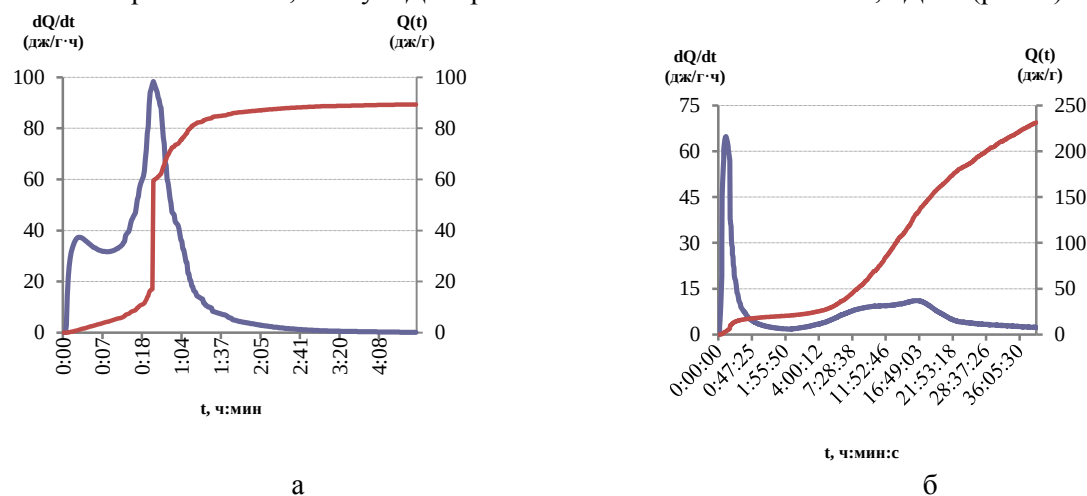


Рис. 2. Зависимость интенсивности скорости и теплоты гидратации гипсовых вяжущих от времени: а – Г-5+Г-16+ вода; б – ПЦ. + вода

При гидратации **портландцемента** (рис. 2, табл.1) через 42 с после контакта с водой проявляется реакционная способность, а через 5 мин 29 с наблюдается интенсивный пик скорости тепловыделения – 64,81 Дж/г·ч, обусловленный, видимо, взаимодействием с водой поверхностных слоев частиц твердой фазы – процессами растворения и гидролиза наиболее активных компонентов клинкера, в основном C_3A и C_3S .

Затем наблюдается первый индукционный период, во время которого скорость гидратации и гидратного фазообразования резко снижается и через 2 ч 13 мин составляет 1,79 Дж/г·ч.

После продолжительного индукционного периода, отмечено повторное увеличение скорости тепловыделения цементного теста и через 16 ч 41 мин 13 с появление второго, более длительного, основного пика с максимальной величиной 11,12 Дж/г·ч, обусловленного формированием новообразований, во время которого наступает схватывание цементного теста.

В дальнейшем интенсивность остаточного уровня тепловыделения плавно снижается и к 72 ч сохраняется на уровне 1,17 Дж/г·ч, с общим количеством выделившегося тепла – 286,22 Дж/г. Существует мнение, что в индукционном периоде на поверхности гидратирующихся частиц образуется состоящий из ионов кальция слой, который препятствует выходу продуктов гидратации клинкерных минералов в раствор.

Интересны особенности скорости начального тепловыделения композиционного гипсового вяжущего (**КГВ**) с минеральными добавками разного генезиса (рис. 3, табл. 1). При взаимодействия КГВ (с отходами ММС) с водой через

14 с на термокинетических кривых проявляется реакционная способность, а через 24 мин 46 с фиксируется максимальная величина скорости первого экзoeffекта – 102,06 Дж/г·ч, характеризующего адсорбционные процессы, химические реакции и кристаллизацию гипса. Затем, через 2 ч 22 мин 12 с до 2 ч 51 мин 10 с скорость тепловыделения плавно снижается и остается на уровне 1,17 Дж/г·ч, что может означать окончание первой стадии процесса гидратации КГВ и наступление индукционного периода.

В следующем промежутке времени (до 7 ч 32 мин 57 с) вновь наблюдается увеличение скорости тепловыделения (до величины 1,68 Дж/г·ч), характеризующее процессы растворения и гидролиза наиболее активных компонентов портландцементного клинкера, в основном C_3A и C_3S , с образованием в составе продуктов твердения $Ca(OH)_2$, первичных низкоосновных гидросиликатов, гидроалюминатов и др., а через 46 ч 26 мин 07 с, вплоть до 72 ч, скорость тепловыделения остается на постоянном уровне, равном 0,15 Дж/г·ч. На зависимостях $dQ/dt=f(\tau)$ и $Q=f(\tau)$ отмечается снижение термокинетических показателей (по сравнению с портландцементом), закономерно понижается теплота гидратации за 72 ч до 96,16 Дж/г (табл.1).

При дополнительном введении в состав КГВ минеральных добавок (НДПкр.+ мел) величина скорости первого экзoeffекта увеличивается до 102,11 Дж/г·ч и несколько превосходит значение исходного КГВ (с отходами ММС). Сопоставление полученных кривых тепловыделения с кривыми скорости гидратации КГВ показало их практически полное соответствие.

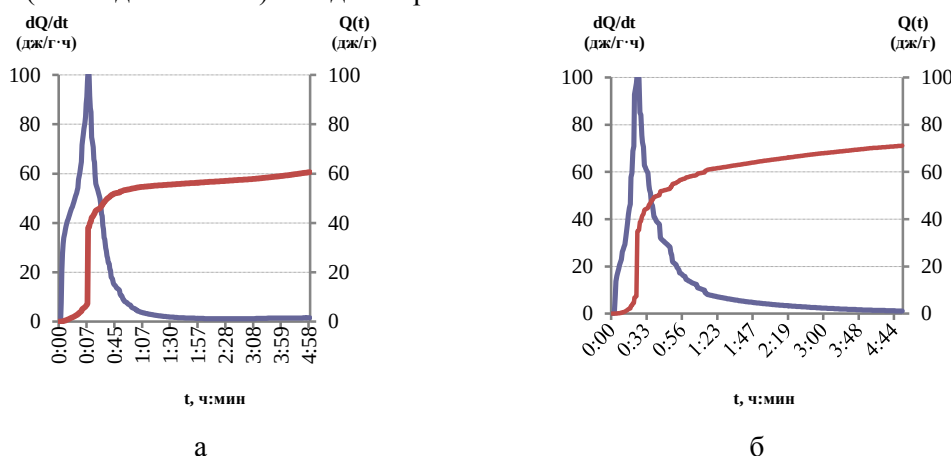


Рис. 4. Зависимость интенсивности скорости и теплоты гидратации композиционного гипсового вяжущего (КГВ): а – КГВ; б – КГВ+ НДПкр.+ мел

Таким образом, ценным свойством минеральных добавок – отходов ММС и НДП кремнезема, является их пуццолановая активность, связанная с особенностями генезиса, де-

фектностью кристаллической решетки, наличием нанодисперсных включений и пр., а мела – ускорение гидратации алюминатов и образование с ними в начальные сроки твердения раз-

личных соединений, способствующих повышению ранней прочности КГВ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дребезгова, М.Ю. Кинетика тепловыделения при гидратации композиционных гипсовых вяжущих // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2017. №4. С.37 – 44.
2. Ушеров-Маршак А.В. Калориметрия цемента и бетона : избранные труды. Харьков: Факт, 2002. 183 с.
3. Бурьянов А.Ф. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция: монография. Москва: Изд-во Де Нова, 2012. 196 с.
4. Чернышева Н.В., Муртазаев С.А.Ю., Аласханов А.Х. Сухие строительные смеси на основе КГВ // Сухие строительные смеси. 2012. № 1. С. 12–13.
5. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю. Водостойкие гипсовые композиционные материалы с применением техногенного сырья. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 321 с.
6. Чернышева Н.В., Дребезгов Д.А. Свойства и применение быстротвердеющих композитов на основе гипсовых вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №5. С. 125–133.
7. Tschernyschowa N.W., Lessowik W.S., Fischer H.B., Drebesgowa M.J. Gipshaltigekompositbindemittel – zukunft des ökologischen bauens* В сборнике: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL (Weimar, 16-18 сентября 2015 г.), Weimar: Institut für Baustoffkunde der Bauhaus-Universität, 2015. С. 699-706.
8. Murtazaev S.A.Y., Saidumov M.S., Lesovik V.S., Chernysheva N.V., Bataev D.K.S. Fine-grained cellular concrete creep analysis technique with consideration for carbonation // Modern Applied Science. 2015. Т. 9. № 4. С. 233–245.
9. Фишер Х.Б., Рихерт Х., Бурьянов А.Ф., Лесовик В.С., Строкова В.В., Чернышева Н.В. Перекристаллизация частиц гипса // Эффективные строительные композиты: сб. материалов науч.-практ. конф. к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, д-ра техн. наук Баженова Ю. М. (Белгород, 02-03 апреля 2015 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 718-723.
10. Руководство пользователя. Дифференциальный калориметр ToniCAL Trio модель 7339. Берлин, 2013. 15 с.

Drebezova M.Yu., Chernysheva N.V.

KINETICS OF HEAT RELEASE DURING HYDRATION OF COMPOSITE GYPSUM BINDERS (PART 2)

To improve the efficiency of construction technologies requires the creation of a special rapid-hardening next-generation composites using inexpensive, widely available construction materials that could meet high requirements for durability, efficiency, environmental performance and creating a comfortable environment. For these purposes we offer fast-curing composite gypsum binder (HC) with mineral additives of different genetic types for which the necessary knowledge of complex processes of their hydration in the early stages of hardening. Integral result of elementary processes of hydration and structure formation of GFP is under the influence of different factors is changing in time parameters of their heat dissipation.

Key words: composite gypsum binder, kinetics of dissipation, thermokinetic dependence, reactivity and mineral supplements.

Дребезгова Мария Юрьевна, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: mdrebezgova@mail.ru

Чернышева Наталья Васильевна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

*Кочергин Ю.С., д-р техн. наук, проф.,
Золотарева В.В., канд. техн. наук, доц.
Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского
Григоренко Т.И., канд. техн. наук*

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНО-КАУЧУКОВЫХ ПОЛИМЕРОВ

viktoria802@gmail.com

В широком интервале концентраций модифицирующих добавок карбоксильных бутадиеновых каучуков и тиокола исследована стойкость к износу эпоксидных композитов. Показано, что износостойкость эпоксидно-каучуковых композиционных материалов зависит от концентрации каучука, его химической природы и режима отверждения композиции. Наблюдаемый эффект связан со степенью термодинамической совместимости компонентов на стадии совмещения эпоксидной смолы и каучука, а также процессами фазового разделения эпоксидного и каучукового компонентов при отверждении композиции.

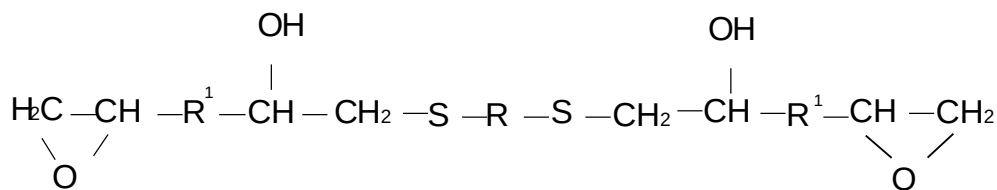
Ключевые слова: эпоксидная смола, олигобутадиеновый каучук, тиокол, режимы отверждения деформационно-прочностные свойства, износостойкость, фазовое разделение.

Введение. В настоящее время потери на трение составляют до 30 % потребляемой в мире энергии, а расходы на устранение преждевременного износа машин и сооружений достигают до 2 % валового национального продукта промышленно развитых стран. В связи с этим актуальной задачей является разработка новых строительных износостойких конструкционных материалов с целью повышения износостойкости и увеличение срока службы конструкций, машин и механизмов, работающих в разных отраслях народного хозяйства. Среди материалов, обеспечивающих повышение износостойкости, все более заметную роль играют полимеры и композиционные материалы на их основе, в частности композиты на основе эпоксидных смол, что обусловлено их высокими физико-механическими и адгезионными свойствами и достаточно хорошими трибологическими характеристиками.

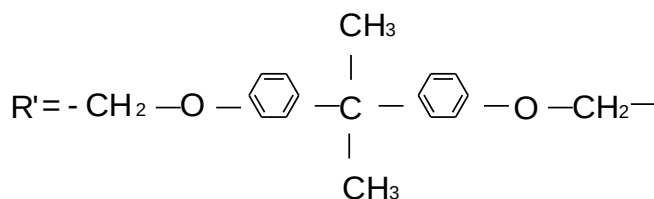
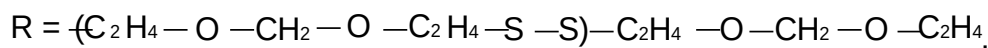
Отвержденные эпоксидные смолы характеризуются сравнительно невысокими ударопрочностью и трещиностойкостью [1–3], что в значительной мере ограничивает их применение при воздействии ударных и вибрационных нагрузок, а также резких перепадов температуры. Одним из наиболее эффективных путей устранения данных недостатков является модификация эпоксиполимеров (ЭП) низкомолекулярными каучуками с концевыми реакционноспособными группами [4, 5]. Хотя механизм упрочнения ЭП каучуками до настоящего времени в полной мере не установлен, эффект широко используется для повышения статической

и динамической адгезионной прочности, ударо-, и вибростойкости эпоксидных материалов [4, 6, 7]. Влияние реакционноспособных жидких каучуков на износостойкость ЭП практически не изучено (исключение составляют лишь эпоксидные композиции, содержащие тиокол [8, 9]). В связи с этим нами была предпринята попытка восполнить этот пробел.

Методология. В качестве каучуков были использованы бутадиеновые олигомеры с концевыми карбоксильными группами СКД-КТРА и СКН-30КТР (далее соответственно СКД и СКН-30), а также тиокол с концевыми сульфгидрильными группами. Для усиления эффекта модифицирования совмещение каучуков с эпоксидной смолой проводили при повышенной температуре (160°C) в течение 2-х часов. В этом температурно-временном диапазоне, как было показано ранее [4, 10, 11], происходит химическое связывание молекул каучука и смолы за счет реакции этерификации карбоксильных групп с эпоксигруппами [10] и молекул тиокола со смолой за счет реакции тиоэтерификации сульфгидрильных и эпоксидных групп [11, 12]. Таким образом, объектами исследования служили не механические смеси индивидуальных компонентов, а продукты реакции их взаимодействия, представляющие собой блок-олигомеры, содержащие одну молекулу каучука и две молекулы эпоксидной смолы. Так, в случае тиокола блок-олигомер имеет следующее строение:



где:



В качестве эпоксидной смолы для исследования была использована промышленная диановая смола марки ЭД-20 с молекулярной массой 400 и содержанием эпоксидных групп 21,4 %. В качестве жидких каучуков использовали поли-

сульфидный каучук (тиокол марки I), карбоксилированный олигобутадиеновый каучук марки СКД-КТРА и карбоксилированный сополимер олигобутадиена с акрилонитрилом марки СКН-30КТР, свойства которых приведены в таблице.

Таблица 1

Свойства жидких каучуков

Марка каучука	Молекулярная масса	Содержание акрило-нитрила, %	Содержание карбоксильных групп, %	Содержание сульфидных групп, %	Параметр растворимости δ (МДж/м ³) ^{0,5}
Тиокол	2000	0	0	3,1	19,1
СКД-КТРА	2800	0	2,90	0	15,7
СКН-30КТР	3200	27,3	2,97	0	17,8

В качестве отвердителя эпоксидной смолы использовали диэтилентриамин (ДЭТА). Отверждение композиций вели по следующим режимам:

- холодное отверждение: (20 ± 2) °С/240 ч (режим I)

- отверждение с термообработкой: (20 ± 2) °С/24 ч + 120 °С/3 ч (режим II).

В работе использовали следующие методы исследований:

Показатель истирания (I) определяли по ГОСТ 11012-69 на машине типа АРГИ (Германия). Сущность метода заключается в определении уменьшения объема образца в кубических миллиметрах в результате истирания (износа) на 1 м пути истирания шлифовальной шкуркой. Нагрузка на образец составляла 1 кг, длина пути истирания образца 10 м (25 оборотов цилиндра машины).

Разрушающее напряжение (σ_p) и деформацию при разрыве (ϵ_p) измеряли на блочных образцах стандартных размеров ГОСТ 11262-80

(тип 2) на испытательной машине VTS (ФРГ) при скорости растяжения 10 мм/мин. Мерой работы разрушения (A_p) служила площадь под кривой напряжение – деформация.

Плотность образцов (ρ) измеряли методом градиентной колонки по ГОСТ 15139-69.

Тангенс угла механических потерь ($\text{tg } \delta$) измеряли на установке ДМА 983 термоаналитического комплекта DuPont 9900.

Параметр растворимости Гильденбранда рассчитывали по формуле [13]:

$$\delta^2 = \frac{\sum \Delta E_i^*}{N_A \sum \Delta V_i},$$

где ΔE_i^* – вклад каждого атома и типа межмолекулярного взаимодействия в величину эффективной молярной энергии когезии; N_A – число Авогадро, ΔV_i – собственный (ван-дер-ваальсовый) объем повторяющегося звена полимера, складывающийся из инкрементов ван-дер-ваальсовых объемов отдельных атомов, входящих в это звено.

Параметр термодинамического взаимодействия χ_{23}^* между компонентами смесей опреде-

$$\chi_{23}^* = \frac{V_1}{V_2} \chi_{23} = \left[\frac{\ln V_{gcm} - \sum \varphi_1 \ln V_{gi} + \sum \varphi_i \ln V - \ln(w_2 v_2 + w_3 v_3)}{\varphi_2 \varphi_3} \right],$$

где w_2, w_3, v_2, v_3 – соответственно весовые доли и удельные объемы компонентов смеси; φ_2 и φ_3 – объемные доли компонентов смеси; V_1 и V_2 – их молекулярные объемы; V_{gcm} и V_{gi} – соответ-

ственно удельные удерживающие объемы смеси и i -го компонента.

Критическое значение параметра χ_{23}^* рассчитывали по формуле [15]:

$$(\chi_{23}^*)_{kp} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{1/2} + \left(\frac{V_1}{V_3} \right)^{1/2} \right]^2,$$

где V_1, V_2, V_3 – молярные объемы соответственно сорбата и компонентов смеси.

Основная часть. Как следует из данных рис. 1 – 4, жидкие каучуки оказывают значительное влияние на износ и деформационно-прочностные свойства ЭП. При этом для тиокола показатель истирания I быстро растет с увеличением концентрации модификатора, а для карбоксилатных олигобутадиеновых олигомеров после образования небольших максимумов (при концентрации 20 и 40 масс. ч. соответственно для каучуков СКН-30 и СКД), наблюдается монотонное уменьшение параметра I , благодаря чему при больших содержаниях этих каучуков

величина износа снижается более, чем в два раза по сравнению с исходным ЭП.

При сопоставлении концентрационных зависимостей износа и деформационно-прочностных характеристик обращает на себя внимание определенная корреляция между кривыми $I - C$ (рис. 1) и $\sigma_p - C$ (рис. 2), полученными для олигобутадиеновых каучуков. В то же время для тиокола такая корреляция отсутствует.

Для параметров ε_p (рис. 3) и A_p (рис. 4) корреляции с концентрационной зависимостью I (рис. 1), а также обратной величиной $1/I$ (рис. 5) не наблюдается ни для одного из использованных каучуков.

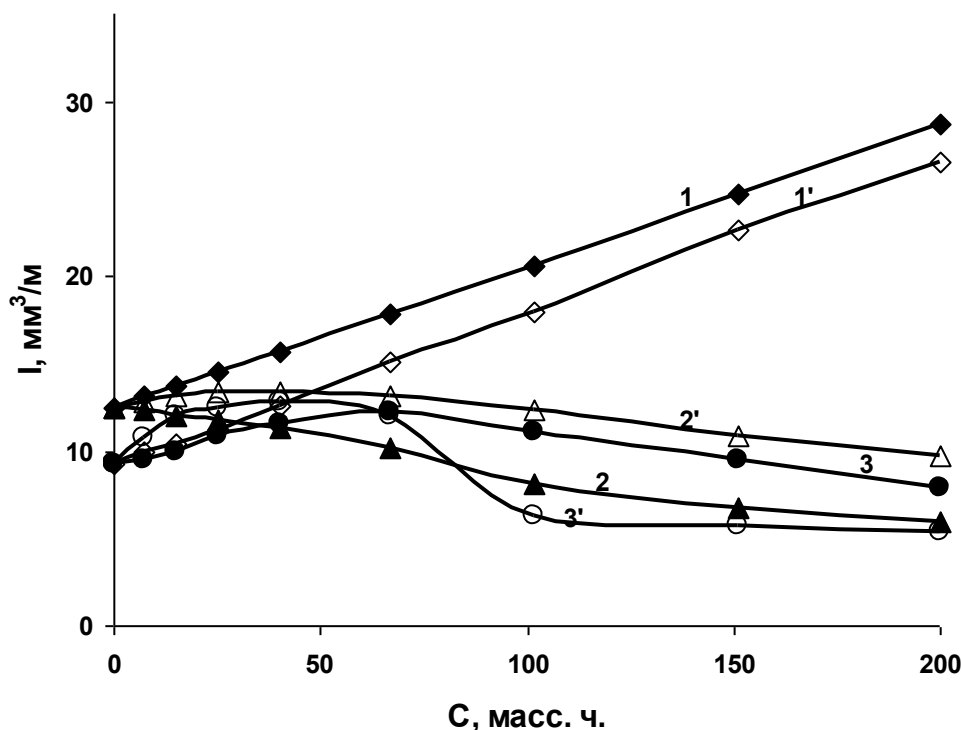


Рис. 1. Зависимость износа ЭП от содержания каучуков: тиокола (1, 1'), СКД (2, 2') и СКН-30 (3, 3'). Режим отверждения I (1, 3) и II (1', 3')

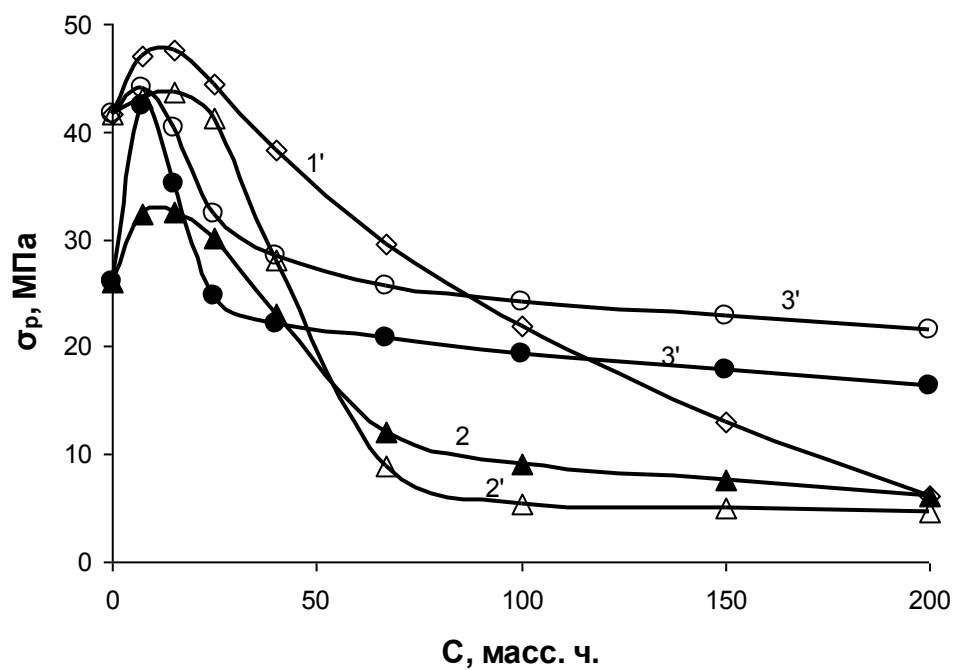


Рис. 2. Зависимость прочности при растяжении от содержания каучуков: тиокола (1'), СКД (2, 2') и СКН-30 (3, 3'). Режим отверждения I (2, 3) и II (1'-3')

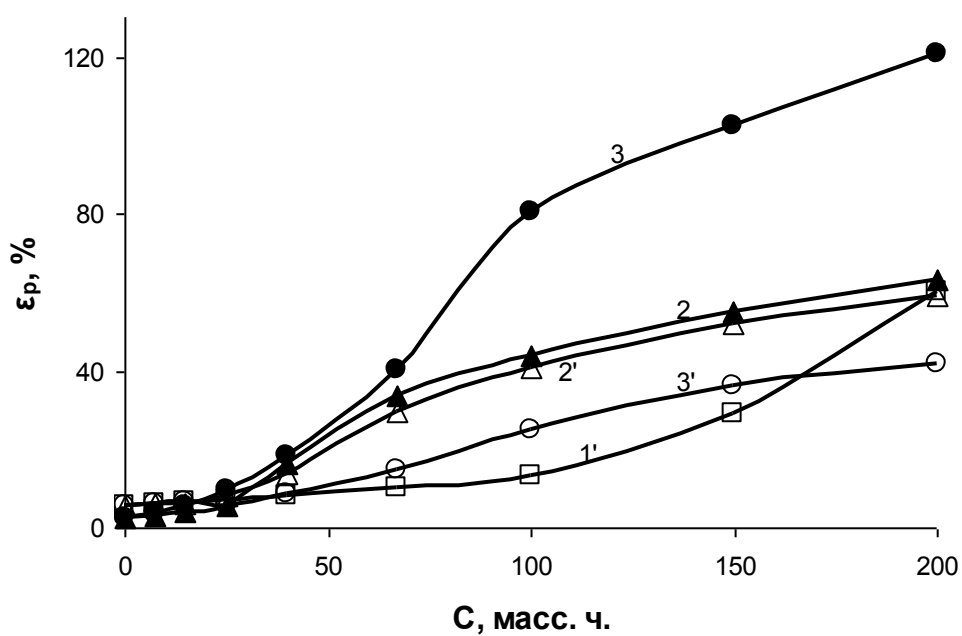


Рис. 3. Зависимость деформации при разрыве от содержания каучуков: тиокола (1'), СКД (2, 2') и СКН-30 (3, 3'). Режим отверждения I (2, 3) и II (1'-3')

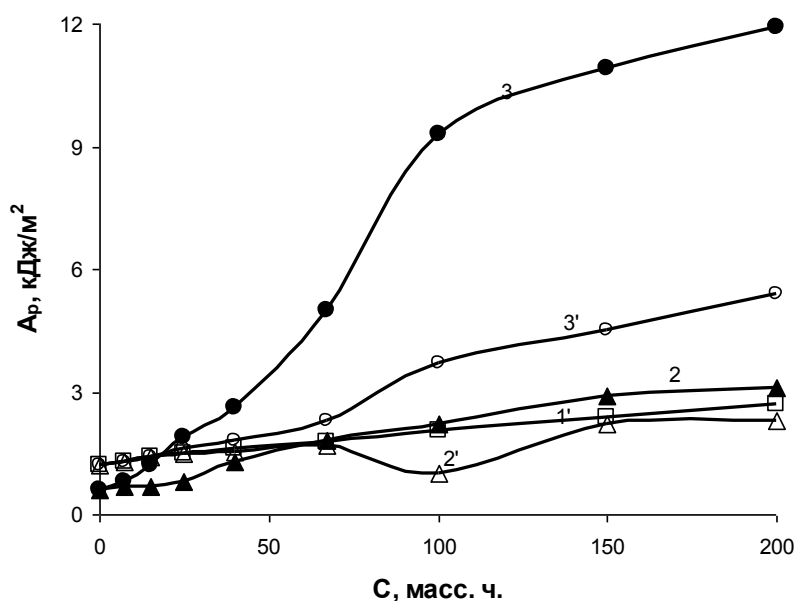


Рис. 4. Зависимость работы разрушения от содержания каучуков: тиокола (1'), СКД (2, 2') и СКН-30 (3, 3'). Режим отверждения I (2, 3) и II (1' - 3')

Отметим, что экспериментальные значения I для эпоксидно-каучуковых композиций довольно хорошо коррелируют с расчетными величинами (рис. 6). Расчет проводился по формуле [16]

$$I \approx \mu E / \sigma_p,$$

где μ – коэффициент трения, E – модуль упругости, σ_p – прочность при растяжении. При этом для эпоксидной компоненты для расчета μ брали величину 0,33, а для каучуковой составляющей – 1,0. Для смесевых эпоксидно-каучуковых систем μ рассчитывали по правилу аддитивности.

Более хорошее соответствие расчетных и экспериментальных значений наблюдается для олигобутадиеновых каучуков. Для тиокола также проявляется соответствие, однако только в области относительно небольших (до 100 масс. ч.) содержаний модификатора. При больших концентрациях характер изменения $I_{\text{расч}}$ и $I_{\text{эксп}}$ противоположный: экспериментальная зависимость линейно растет, а для расчетных значений, наоборот, наблюдается снижение износа.

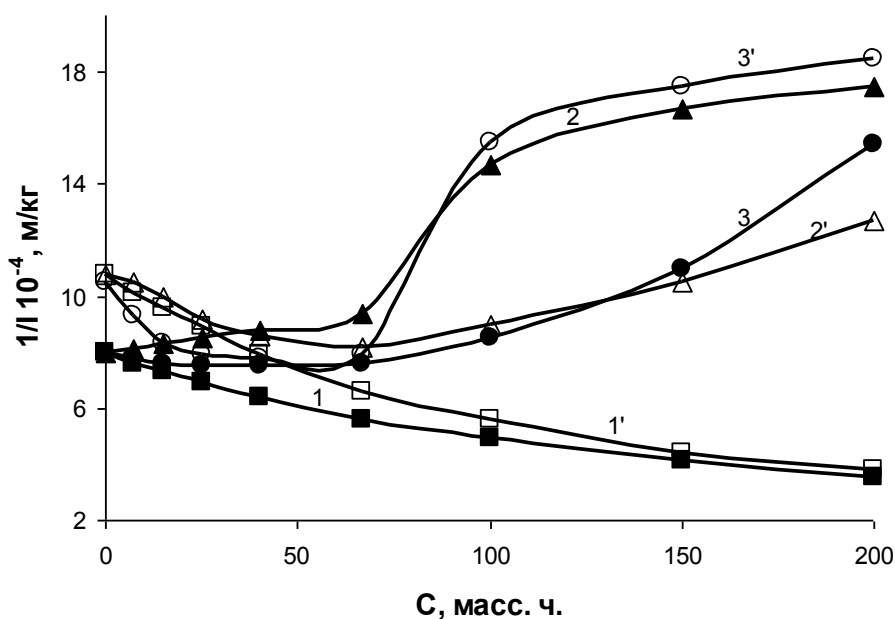


Рис. 5. Зависимость износостойкости от содержания каучуков: тиокола (1, 1'), СКД-КТРА (2, 2') и СКН-30 (3, 3'). Образцы отверждены по режимам I (1-3) и II (1'-3')

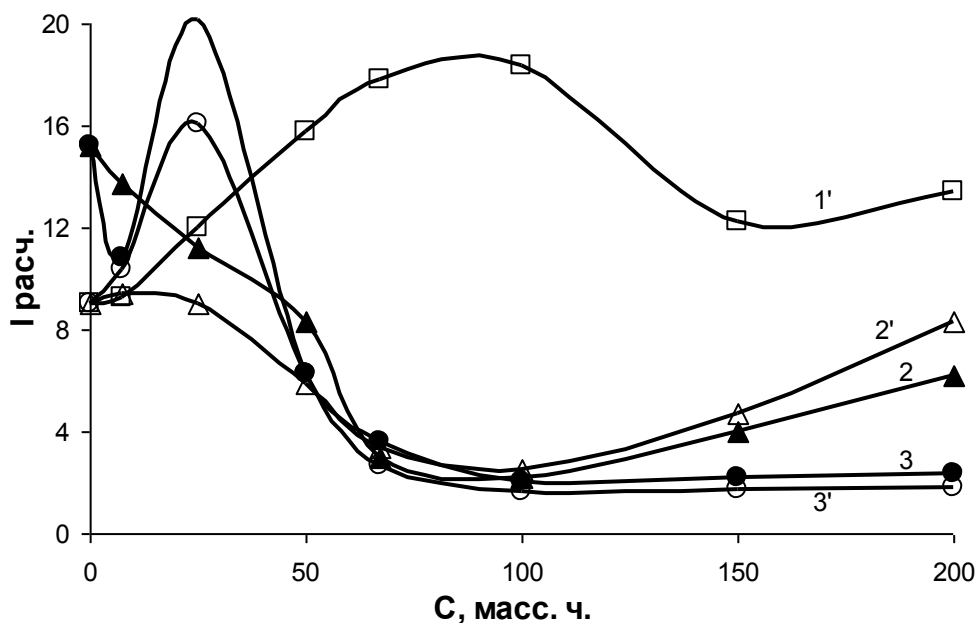


Рис. 6. Зависимость расчетных значений износостойкости от содержания каучуков: тиокола (1'), СКД (2, 2') и СКН-30 (3, 3'). Образцы отверждены по режимам I (2, 3) и II (1' - 3')

Перейдем к более детальному обсуждению результатов эксперимента. Как следует из рис. 5, износостойкость эпоксидно-каучуковых композиционных материалов зависит от концентрации каучука, его химической природы и режима отверждения. В случае тиокола износостойкость монотонно снижается с увеличением содержания модификатора, причем более быстро для термообработанных образцов. Эффект может быть связан с невысокой износостойкостью самого полисульфидного олигомера. Поэтому увеличение концентрации более склонного к износу компонента обуславливает монотонное снижение износостойкости смеси. Отметим также, что образцы на основе эпоксидно-тиоколовых смесей представляют собой (в отличие от композиций, содержащих олигобутадиеновые каучуки) прозрачные системы, что свидетельствует о хорошей совместимости компонентов. Это же подтверждают данные расчетов значений параметров растворимости тиокола и эпоксидной смолы, равные соответственно 19,1 и 20,6 (МДж/м³)^{0,5}. Близость этих величин свидетельствует об их хорошей термодинамической совместимости.

В то же время в случае олигобутадиенового каучука СКД (рис. 5, кр. 2, 2') для образцов, отвержденных без подогрева, износостойкость растет по мере увеличения содержания модификатора, причем особенно быстро в интервале $67 \leq C \leq 100$ масс. ч. Для образцов, подвергнутых термообработке, характер зависимости $1/I - C$ претерпевает существенные изменения. Вначале

при увеличении концентрации каучука стойкость к износу монотонно убывает, достигая минимума при $C \sim 67$ масс. ч., а затем, наоборот, монотонно возрастает с увеличением содержания модификатора СКД. При этом при небольших содержаниях каучука (до ~ 40 масс. ч.) износостойкость термообработанных образцов выше, чем образцов, отвержденных без подогрева, за счет существенно большей величины $1/I$ для базового образца на основе немодифицированной эпоксидной смолы.

В случае акрилонитрильного каучука СКН-30 характер изменения износостойкости отличается от того, что имеет место для олигобутадиенового каучука СКД, не содержащего акрилонитрил. Для систем, модифицированных СКН-30 и отвержденных без подогрева, наблюдается примерно такая же зависимость как для образцов, содержащих каучук СКД, но отвержденных с термообработкой; а именно, при содержании каучука до ~ 50 масс. ч. имеет место небольшое снижение износостойкости, а далее с увеличением концентрации СКН-30 происходит довольно быстрый рост величины $1/I$ почти в 2 раза. Для термообработанных образцов концентрационная зависимость износостойкости более сложная. При малых содержаниях СКН-30 (до ~ 15 масс. ч.) происходит весьма заметное снижение износостойкости, затем в диапазоне $15 \leq C \leq 67$ масс. ч. величина $1/I$ уменьшается с существенно меньшей скоростью, а потом начинает увеличиваться, причем наиболее быстрый рост износостойкости наблюдается при $67 \leq C \leq 100$

масс. ч. На наш взгляд, причиной такой значительной зависимости износостойкости от концентрации каучуков СКД и СКН-30 и режима отверждения образцов может быть разная степень фазовой совместимости и фазового разделения в процессе отверждения эпоксидно-каучуковых смесей. На эти процессы должна оказывать, очевидно, определенное влияние совместимость каучуков, как с эпоксидной смолой, так и с отверждающим агентом. По-видимому, существует оптимальная степень фазового разделения, обеспечивающая наилучший комплекс показателей износостойкости и основных физико-механических свойств и находящая свое отражение как в размерах частиц каучуковой фазы, так и в степени взаимодействия между фазами, т.е. адгезии между каучуковой компонентой и эпоксидной матрицей.

Для того чтобы определить области термодинамической совместимости, методом обращенной газовой хроматографии нами были получены концентрационные зависимости параметра термодинамического взаимодействия Флори–Хаггинса в очень широком интервале соотношений компонентов бинарных смесей смола–каучук (рис. 7) и отвердитель ДЭТА–каучук (рис. 8).

Как следует из рис. 7, в очень широком интервале концентраций каучука СКД ($2 \leq C \leq 90$ масс. ч. на 100 масс. ч. эпоксидной смолы ЭД-20) компоненты (смола и каучук) термодинамически несовместимы, о чем свидетельствуют значения $\chi_{23}^* > (\chi_{23}^*)_{кр}$. В силу этого при отверждении смесей эпоксидной смолы с этим каучу-

ком при комнатной температуре реализуется высокая степень фазового разделения и происходит частичное расслоение композиции из-за еще большей несовместимости в отверждающей системе каучука СКД и отвердителя ДЭТА (рис. 8). Как видно из рис. 8, область термодинамической несовместимости каучука и отвердителя еще шире (от ~1 до 140 масс. ч. на 100 масс. ч. отвердителя). В свете этого можно объяснить довольно значительное увеличение износостойкости при концентрации каучука выше 67 масс. ч. В соответствии с данными (рис. 7) этому диапазону соответствует не максимальная несовместимость каучука со смолой, а наоборот, область близкая к значениям $(\chi_{23}^*)_{кр}$. Вместе с тем, если учесть рецептуру такой эпоксидно-каучуковой композиции, то она, например, при соотношении смолы и каучука 100:100 масс. ч. содержит только 12 масс. ч. отвердителя ДЭТА. Такому соотношению отвердителя и каучука, как нетрудно видеть на рис. 8, соответствует область их максимальной несовместимости. Это позволяет предположить, что отвердитель будет вытеснять каучук из матрицы ЭП. Вследствие этого наружная поверхность эпоксидного полимера будет обогащаться каучуковой компонентой, обеспечивающей повышение износостойкости материала. Прогрев образцов, по-видимому, приводит лишь к еще большему расслоению композиции и уменьшению межфазного взаимодействия, что обуславливает снижение деформационно-прочностных характеристик и износостойкости.

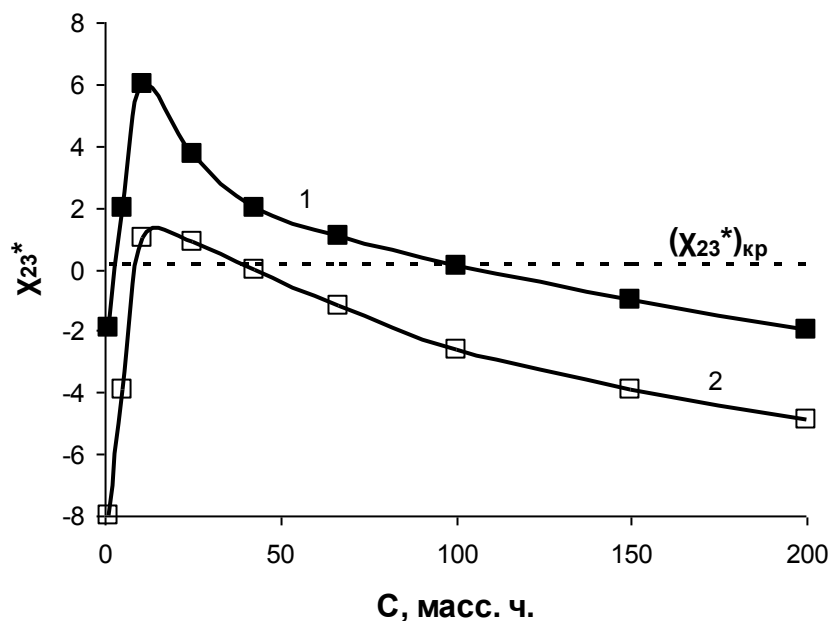


Рис. 7. Концентрационные зависимости параметра χ_{23}^* для бинарных смесей смолы ЭД-20 с каучуками СКД (1) и СКН-30 (2) при температуре 25°C. Сорбат–бензол

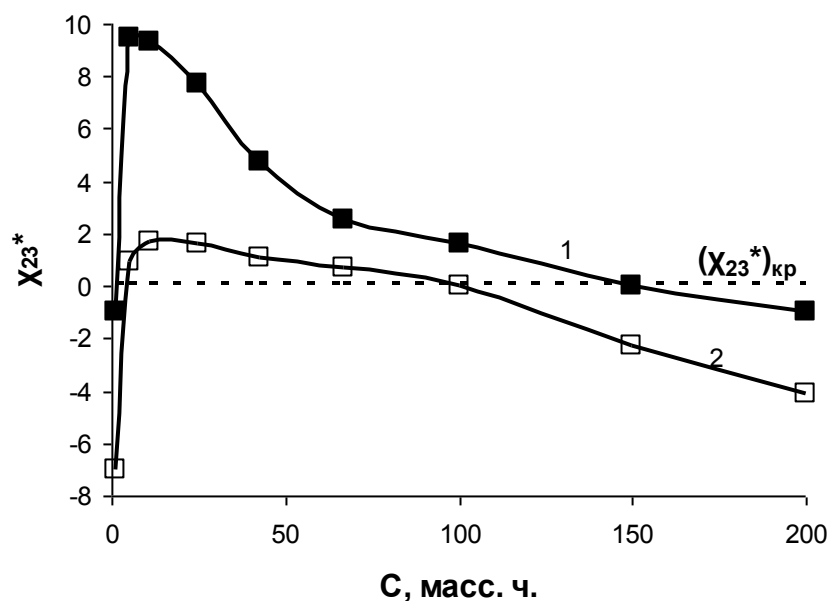


Рис. 8. Концентрационные зависимости параметра χ_{23}^* для бинарных смесей отвердителя ДЭТА с каучуками СКД (1) и СКН-30 (2) при температуре 25°C. Сорбат-бензол

Для систем, содержащих каучук СКН-30, из-за невысокой термодинамической несовместимости бинарной смеси смола–каучук (рис. 7, кр. 2) при содержании каучука $9 \leq C \leq 37$ масс. ч. и хорошей совместимости при других концентрациях фазовое разделение в случае отверждения по режиму I реализуется не в полной мере. Не столь сильно фазовому разделению способствует и отверждающий агент (рис. 8, кр. 2). Можно предположить, что в результате отверждения композиций формируются участки, где отсутствует разделение фаз, что и приводит к снижению износостойкости материала. Только при больших содержаниях каучука ($C > 67$ масс. ч.), когда роль этого компонента смеси становится определяющей, начинает сказываться положительное влияние каучука СКН-30. Прогрев композиций, способствующий улучшению разделения фаз, обеспечивает существенное повышение износостойкости. Подтверждением этого факта могут служить результаты динамической механической спектроскопии (рис. 9). Видно, что для образцов, содержащих каучук СКН-30, после отверждения по режиму I максимум $\tan \delta$, соответствующий каучуковой фазе (при температуре $\sim -20^\circ\text{C}$), практически не проявляется. Наблюдается лишь наложение переходов, обусловленных расстеклованием каучуковой и эпоксидной компонент (рис. 9, кр. 2). После термообработки переходы четко разрешаются (рис. 9, кр. 2'). Максимум, соответствующий каучуковой фазе, полностью проявляется в тем-

пературном диапазоне от -30 до $+10^\circ\text{C}$, благодаря существенному увеличению температуры стеклования эпоксидной матрицы (почти на 40°C) после термообработки. Отметим, что более низкотемпературный переход с небольшим максимумом при $\sim -60^\circ\text{C}$ на кривых 2 и 2' может быть связан [17] с движением по механизму кренкшфта (коленчатого вала) в точке соединения узлов химической сетки.

В случае каучука СКД, как следует из рис. 9 (кр. 1 и 1'), положение низкотемпературного максимума при $\sim -75^\circ\text{C}$ и его интенсивность практически не изменяются после термообработки. Наблюдается лишь смещение высокотемпературного α -перехода, связанного с расстеклованием эпоксидной матрицы, в сторону более высоких температур. Это свидетельствует о довольно высокой степени разделения фаз в системе эпоксидная смола – олигобутадиеновый каучук СКД.

В заключение отметим, что общая тенденция увеличения износостойкости смесей эпоксидных полимеров с олигобутадиеновыми каучуками, помимо структурных особенностей, описанных выше, может быть также связана и с повышенной износостойкостью самих каучуков (точнее резин на их основе [18]). В свою очередь, это связано с большой гибкостью молекул бутадиена, что способствует высокой термоокислительной стойкости и малому внутреннему трению.

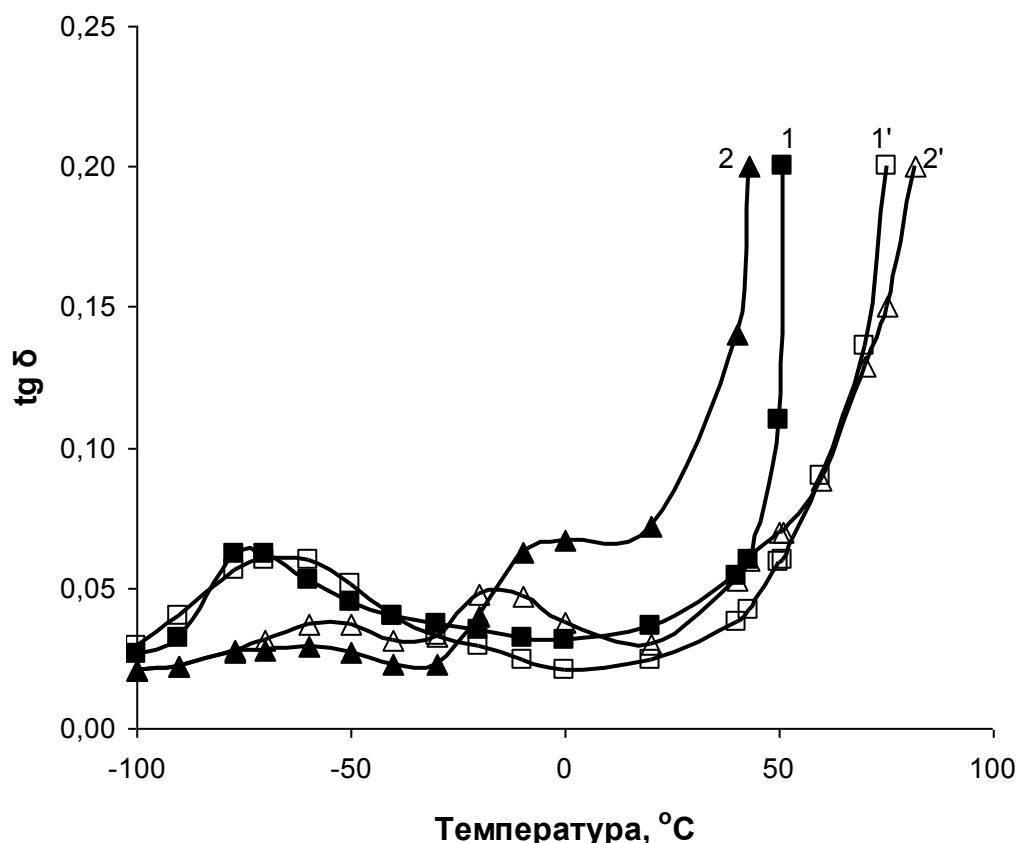


Рис. 9. Температурные зависимости тангенса угла механических потерь для смесей эпоксидной смолы ЭД-20 с каучуками СКД (1, 1') и СКН-30 (2, 2'). Содержание каучука равно 25 масс. ч. на 100 масс. ч. эпоксидной смолы. Режим отверждения: I (1, 2) и II (1', 2')

Выводы. Таким образом, в результате проведенного исследования показано, что износостойкость эпоксидно-каучуковых систем зависит от концентрации каучука, его химической природы и режима отверждения композиции. Установлено, что при больших концентрациях карбоксильных каучуков (свыше 67 масс. ч. на 100 масс. ч. эпоксидной смолы) наблюдается быстрый рост (в 1,5–2,0 раза) износостойкости композитов. Эффект связан как со степенью совместимости компонентов на стадии смешения эпоксидной смолы и каучука, так и степенью фазового разделения эпоксидного и каучукового компонентов в процессе отверждения композиции. Выявлена хорошая корреляция между экспериментальными и расчетными значениями износостойкости, а также между концентрационными кривыми истирания и когезионной прочности при растяжении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чернин И.З., Смехов Ф.М., Жердев Эпоксидные Ю.В. Полимеры и композиции. М.: Химия, 1982. 232 с.
2. Ли Х., Невилл К. Справочное руковод-

ство по эпоксидным смолам. М.: Энергия, 1973. 416 с.

3. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. Кн. 1. Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А.Б. Геллера, М.М. Гельмонта; Под ред. Б.Э. Геллера. М.: Машиностроение, 1988. 448с.

4. Зайцев Ю.С., Кочергин Ю.С., Пактер М.К., Кучер Р.В. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции. Киев: Наук. думка, 1990. 200 с.

5. Бабаевский П.Г., Кулик С.Г. Трещиностойкость отвержденных эпоксидных композиций. М.: Химия, 1991. 336с.

6. Кочергин Ю.С., Кулик Т.А., Григоренко Т.И. Клеевые композиции на основе модифицированных эпоксидных смол // Пластические массы. 2005. № 10. С. 9–16.

7. Kochergin Yu.S., Kulik T.A., Grigorenko T.I. Special-Purpose Epoxy Adhesives // Polymer Science. Ser C. 2007. Vol. 49. № 1. P.17–21.

8. Крыжановский В.К. Износостойкие реактопласты. Л.: Химия, 1984. 130 с.

9. Крыжановский В.К., Конова О.В. Влияние топологической структуры и физического

состояния индивидуальных эпоксиполимеров на их трибологические особенности // Трение и износ. 1993. Т. 14, № 2. С. 322–327.

10. Кулик Т.А., Кочергин Ю.С., Зайцев Ю.С. [и др.] Влияние жидких каучуков на физико-механические свойства эпоксидных полимеров // Пластические массы. 1985. № 4. С. 25–27.

11. Григоренко М.А., Григоренко Т.И., Лойко Д.П. Свойства эпоксидно-тиоколовых смесей, подвергнутых предварительной реакции тиоэтерификации // Вопросы химии и химической технологии. 2011. № 6. С. 83 – 86.

12. Grigorenko M.A. The Influence of Preliminary Thioetherification Reaction on Properties of Epoxy Adhesive Modified by Liquid Thiokol // Polymer Science. Ser C. 2012. Vol. 5. № 2. P. 67–72.

13. Аскадский А.А., Матвеев Ю.И. Химическое строение и физические свойства полимеров. М.: Химия, 1983. 248 с.

14. Нестеров А.Е. Обращенная газовая хроматография в термодинамике полимеров. Киев: Наук. думка, 1976. 127 с.

15. Flory P.J. Principles of Polymer Chemistry. N.J. Cornell Univ. Press., Ithaca, 1953. 512 p.

16. Ван Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров. Пер. с англ. / Под ред. А.Я. Малкина. М.: Химия, 1976. 416 с.

17. Chang T.D., Carr S.H., Brittain J.O. Studies of epoxy resins systems: Part A: A study of the origins of the secondary relaxations of epoxy resins by thermally, stimulated depolarization // Polym. Eng. Sci. 1982. Vol. 22. № 18. P. 1205–1212.

18. Куперман Ф.Е. Фрикционный износ резин. М.: Химия, 1964. 107 с.

Kochergin Yu.S., Zolotarev V.V., Grigorenko T.I.

DURABILITY OF COMPOSITE MATERIALS ON THE BASIS OF EPOXY-RUBBER POLYMERS

In a wide interval of concentration of modifying additives of carboxylic butadiene rubbers and thiokol investigated the wear resistance of epoxy composites. It is shown that the wear resistance of epoxy-rubber composites depends on the concentration of the rubber, its chemical nature and mode of curing of the composition. The observed effect is associated with the degree of thermodynamic compatibility of components at the stage of combining the epoxy resin and rubber, as well as processes of phase separation of epoxy and rubber components during curing of the composition.

Key words: epoxy resin, oligobutadienes rubber, thiokol, curing modes, deformation-strength properties, wear resistance, phase separation.

Кочергин Юрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор

Адрес: Украина, 86114, г. Макеевка, Донецкой обл., д.80, кв.189

E-mail: ivano.tanya2011@yandex.ua

Золотарева Виктория Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров

Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского.

Адрес: Украина, 83052, Донецк, б. Шевченко, д.125, кв. 34.

E-mail: viktorias802@gmail.com

Григоренко Татьяна Ильинична, кандидат технических наук.

Адрес: Украина, 83059, г. Донецк, пр. Ильича, 97

E-mail: grigorencot2013@mail.ru

DOI: 10.12737/article_58e24bcd42faa5.10006763

Алфимова Н.И., канд. техн. наук, доц.,
Пириева С.Ю., магистрант,
Федоренко А.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Шейченко М.С., канд. техн. наук

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

«Средняя общеобразовательная школа № 17»

Вишневская Я.Ю., канд. техн. наук, консультант

Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

alfimovan@mail.ru

В данной работе представлены данные результатов исследований и последних разработок в области создания радиационно-защитных и радиационно-стойких конструкционных и функциональных материалов в ядерной энергетике, а также в космической технике. Описаны основные требования, предъявляемым к материалам радиационной защиты, такие как: оптимальные массогабаритные показатели и способность ослаблять воздействие сочетанных потоков ионизирующих излучений. Представлены требования для защиты от нейтронного излучения. Перечислены материалы, используемые при проектировании биологической защиты ядерного реактора. Показано, что для замедления нейтронов в ядерных реакторах применяются гидриды металлов, т.к. в кристаллической решетке металлов можно растворить довольно большое количество атомов водорода. Наиболее часто в биологической защите применяют гидрид титана, а также композиционные материалы на его основе. Установлено, что важное значение имеют, прежде всего, такие материалы и композиции, которые обладают высокими радиационно-защитными, конструкционными свойствами и высокой радиационной стойкостью; данные материалы могут быть получены на основе металлических матриц, наполненных высокодисперсными оксидами тяжелых металлов. Перечислены способы для равномерного распределения частиц наполнителей в радиационно-защитных материалах. Одним из самых распространенных способов является модифицирование наполнителя для создания гидрофобной поверхности, введение 1–2 % модификатора значительно уменьшает агломерацию частиц наполнителя в полимерных композитах.

Ключевые слова: радиация, композиционные материалы, нейтронное излучение, гамма-излучение, комическое воздействие, полимерные материалы, металлические материалы.

Введение. Разработка конструкционных материалов эксплуатируемых в условиях облучения различными видами ионизирующего излучения представляет собой сложнейшую научно-техническую проблему, решение которой обеспечивает радиационное материаловедение. Радиационное материаловедение – наука, изучающая влияние облучения высокоэнергетическими частицами различной природы и энергии на функциональные свойства материалов. Анализ отечественной и зарубежной литературы свидетельствует об обширных исследованиях в области радиационного материаловедения, в частности множество работ посвящено разработке материалов, защищающих от ионизирующего излучения [1–3].

Основные методы радиационного материаловедения – реакторные (натурные) испытания, экспериментальная имитация облучения на ускорителях заряженных частиц различной природы и энергии, макро- и микроскопические

исследования структуры облученных материалов и испытания их механических свойств, размерной нестабильности, математическое моделирование [4].

К основным требованиям, предъявляемым к материалам радиационной защиты, относятся оптимальные массогабаритные показатели и способность ослаблять воздействие сочетанных потоков ионизирующих излучений. Например, поток нейтронов и сопутствующий поток гамма-квантов. Ослабление негативных эффектов, вызванных стационарными и импульсными, рассеянными и коллимированными потоками радиации обеспечивается за счет уменьшения интегральных потоков за защитой или за счет смещения максимума спектра излучения. Кроме того, материал защиты в ряде случаев должен быть устойчивым к значительным термоударным нагрузкам, возникающим в его объеме при термализации частиц поля излучения [5].

Целью настоящей работы является краткий обзор результатов исследований и последних разработок в области создания радиационно-защитных и радиационно-стойких конструкционных и функциональных материалов в ядерной энергетике, а также в космической технике.

Основная часть. Разработка радиационно-защитных материалов осуществляется в зависимости от типа излучения, от которого необходимо обезопасить биологический объект или высокочувствительную аппаратуру. В ядерной индустрии остро стоит проблема разработки материалов для биологической защиты ядерного реактора. Основное назначение биологической защиты реактора – замедление быстрых нейтронов и поглощение тепловых нейтронов, а также поглощение всех видов γ -излучения как в активной зоне реактора, его технологическом оборудовании, так и в самой защите, для обеспечения безопасных условий работы обслуживающего персонала и исследователей, занятых экспериментами на установке. При проектировании защиты от нейтронного излучения необходимо учитывать, что процесс поглощения эффективен для тепловых, медленных и резонансных нейтронов, поэтому быстрые нейтроны должны быть предварительно замедлены. Средняя потеря энергии при упругом рассеянии максимальна на легких ядрах (например, водороде) и минимальна на тяжелых. В связи с этим для защиты от быстрых нейтронов необходимы материалы, содержащие ядра легких элементов, чаще всего водорода. Однако низкая термостабильность применяемых водородсодержащих материалов, например воды, полимеров и высокая летучесть водорода резко ограничивают их применение для биологической защиты ядерных реакторов.

Для замедления нейтронов в ядерных реакторах применяются гидриды металлов, т.к. в кристаллической решетке металлов можно растворить довольно большое количество атомов водорода. Наиболее часто в биологической защите применяют гидрид титана, а также композиционные материалы на его основе [6–10].

Для обеспечения безопасности эксплуатации ядерных реакторов АЭС и ядерных энергетических установок (ЯЭУ) требуются материалы не только с высокой поглощающей способностью гамма- и нейтронного излучения, но и возможностью длительной эксплуатации при высоких радиационно-термических нагрузках без изменения физико-механических и радиационно-защитных свойств. Важное значение имеют, прежде всего, такие материалы и композиты, которые обладают высокими радиационно-защитными, конструкционными свойствами и высокой радиационной стойкостью.

Данные материалы могут быть получены на основе металлических матриц, наполненных высокодисперсными оксидами тяжелых металлов [11–15]. Авторами в работах [16–20] представлена технология производства радиационно-защитного композита на основе Al-матрицы, наполненной высокодисперсными оксидами железа и висмута, с достижением более высоких эксплуатационных характеристик по сравнению с известными мировыми и отечественными аналогами. Установлено, что материал обладает высокими прочностными характеристиками и способен выдерживать внешнюю нагрузку до 750 МПа при температуре эксплуатации до 530 °С.

Тем не менее, металлические материалы не всегда в состоянии блокировать все типы излучений, в частности выбросы нейтронов в космосе или в ядерных лабораториях. Кроме того, радиозащитное снаряжение из этих материалов является тяжелым и громоздким, что нежелательно для большинства применений. Полимерные материалы особенно интересны для создания материалов радиационной защиты по следующим причинам. Во-первых, они могут быть использованы в качестве конструкционных материалов, как металлы или сплавы, но при этом значительно легче. Во-вторых, они могут быть обработаны для достижения эффективного экранирования излучения для конкретной отрасли. Важным требованием, которому должны соответствовать полимерные композиции, предназначенные для изготовления конструкционных изделий для защиты от радиоактивных излучений, является высокая механическая прочность и стабильность свойств в широком интервале температур. Кроме того использование металлических материалов в космическом пространстве нежелательно из-за возникновения интенсивного тормозного излучения, усиливающегося при увеличении энергии падающих электронов, а для полимеров данная проблема незначительна [21].

Авторами [24] разработаны материалы радиационной защиты на основе полимерных матриц, наполненных нанодисперсными наполнителями. Из-за большого отношения площади поверхности к объему наночастицы обладают повышенной способностью поглощать частицы с высокой энергией, поэтому микро- или наноматериалы, диспергированные в композиционных материалах, могут быть использованы для разработки эффективной радиационной защиты.

В работе [25] установлено, что использование наноразмерных порошковых частиц радиационно-поглощающих материалов приводит к увеличению коэффициента поглощения нейтро-

нов в 1,5 раза и коэффициента рассеяния гамма-излучения на 30–40 %.

Однако, при введении нанодисперсных наполнителей в композит чаще всего происходит агрегация частиц, приводящая к неравномерному распределению наполнителя в материале и в конечном итоге к ухудшению его функциональных радиационно-защитных свойств. Для равномерного распределения частиц наполнителей существуют различные подходы. Одним из самых распространенных способов является модифицирование наполнителя для создания гидрофобной поверхности. Установлено, что введение 1–2 % модификатора значительно уменьшает агломерацию частиц наполнителя в полимерных композитах [26–29].

Самой сложной является разработка радиационно-защитных материалов для космических целей. Благодаря комплексу негативных условий в космосе (вакуумный ультрафиолет, атомарный кислород, радиационные пояса Земли) требуется специальный подход для разработки материалов, устойчивых к таким воздействиям длительное время [30–40].

Выводы: В данной работе представлен краткий обзор результатов исследований и последних разработок в области создания радиационно-защитных и радиационно-стойких конструкционных и функциональных материалов в ядерной энергетике, а также в космической технике.

Показано, что основными методами радиационного материаловедения являются – реакторные (натурные) испытания, экспериментальная имитация облучения на ускорителях заряженных частиц различной природы и энергии, макро- и микроскопические исследования структуры облученных материалов и испытания их механических свойств, размерной нестабильности, математическое моделирование.

Перечислены материалы, используемые при проектировании биологической защиты ядерного реактора. Рассказано о технологии производства радиационно-защитного композита на основе Al-матрицы, наполненной высокодисперсными оксидами железа и висмута, с достижением более высоких эксплуатационных характеристик по сравнению с известными мировыми и отечественными аналогами. Известно, что материал обладает высокими прочностными характеристиками и способен выдерживать внешнюю нагрузку до 750 МПа при температуре эксплуатации до 530 °С.

Описаны материалы радиационной защиты на основе полимерных матриц, наполненных нанодисперсными наполнителями. Из-за большого отношения площади поверхности к объему

наночастицы обладают повышенной способностью поглощать частицы с высокой энергией, поэтому микро- или наноматериалы, диспергированные в композиционных материалах, могут быть использованы для разработки эффективной радиационной защиты.

Установлено, что самой сложной является разработка радиационно-защитных материалов для космических целей. Благодаря комплексу негативных условий в космосе (вакуумный ультрафиолет, атомарный кислород, радиационные пояса Земли) требуется специальный подход для разработки материалов, устойчивых к таким воздействиям длительное время

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матюхин П.В., Павленко В.И., Ястребинский Р.Н., Черкашина Н.И., Дороганов В.А., Евтушенко Е.И. Жаропрочный радиационно-защитный композиционный материал конструкционного назначения // Огнеупоры и техническая керамика. 2014. № 10. С. 32–36.
2. Чердынцев В.В., Горшенков М.В., Данилов В.Д., Калошкин С.Д., Гульбин В.Н. Металломатричные радиационно-защитные композиционные материалы на основе алюминия // Металловедение и термическая обработка металлов. 2013. № 1 (691). С. 14–18.
3. Gulbin V.N., Kolpakov N.S., Gorkavenko V.V., Cherdyntsev V.V. Development and research of radio and radiation-protective composite materials // Нанотехнологии: разработка, применение – XXI век. 2015. Т. 7. № 2. С. 17–25.
4. Неклюдов И.М., Воеводин В.Н. // Современный статус радиационного материаловедения 10-я Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 24–27 сентября 2013 г., Минск, Беларусь, С. 128–130.
5. Бойко В.И., Демянюк Д.Г., Долматов О.Ю., Исаченко Д.С., Шаманин И.В. Использование материалов, полученных в режиме технологического горения, в технике радиационной защиты: расчетное исследование защитных свойств // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2005. Т. 308. № 6. С. 80–83.
6. Ястребинская А.В., Матюхин П.В., Павленко З.В., Карнаухов А.В., Черкашина Н.И. Использование гидридсодержащих композитов для защиты ядерных реакторов от нейтронного излучения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12–6. С. 987–990.
7. Павленко В.И., Бондаренко Г.Г., Черкашина Н.И. Разработка нейтронно-защитных полимерных композитов на основе тонкомолотого

гидрида титана//Перспективные материалы, 2016. № 7. С. 16–21.

8. Павленко З.В., Черкашина Н.И. К вопросу использования численного моделирования в разработке радиационно-защитных материалов // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С. 79–83.

9. Черкашина Н.И. Использование метода рентгенофазового анализа для изучения свойств модифицированного гидрида титана, подвергнутого термообработке // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С. 117–120.

10. Черкашина Н.И., Демченко О.В. Повышение дисперсности гидрида титана // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С. 120–124.

11. Черкашина Н.И., Матюхин П.В., Соколенко И.В. Нанотрубчатые наполнители с повышенной способностью поглощения гамма-излучения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12–7. С. 1187–1190.

12. Матюхин П.В., Павленко З.В., Карнаухов А.В., Черкашина Н.И. Воздействие электронного излучения на радиационно-защитные железосодержащие материалы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12–6. С. 970–973.

13. Гульбин В.Н. Металломатричные композиты, наполненные твердыми порошками // В сборнике: Новые материалы, перспективные технологии металлургии Сборник докладов симпозиума в рамках научно-технического конгресса «Международного Форума Двигателестроения» («МФД–2014»). ФГУП ВИАМ. 2014. С. 7.

14. Матюхин П.В., Павленко В.И., Ястребинский Р.Н., Дороганов В.А., Черкашина Н.И., Евтушенко Е.И. Термостойкие радиационно-защитные композиционные материалы, эксплуатируемые при высоких температурах // Огнеупоры и техническая керамика. 2014. № 7–8. С. 23–25.

15. Самойлова Ю.М., Черкашина Н.И. Радиационно-защитный композит на основе Al-матрицы, наполненной оксидом железа // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические про-

цессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С. 97–101.

16. Матюхин П.В. Неорганический радиационно-защитный металлокомпозиционный материал строительного назначения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9. С. 35–39.

17. Матюхин П.В. Термостойкие полимерные композиты для нейтронной и гамма-защиты // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 9 (28). С. 39–40.

18. Matyukhin P.V. Theoretical preconditions of new kinds of nuclear protective metal composite materials development based on ferric and bismuth oxides capsulated into metallic aluminum matrix // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 2. С. 42.

19. Матюхин П.В. Нанотрубчатые наполнители радиационно-защитных композиционных материалов // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 6–1 (25). С. 59–60.

20. Матюхин П.В. Металлобетонный композит на основе модифицированного высокодисперсного оксида железа и металлического алюминия: дис. на соискание ученой степени канд. техн. Наук. Белгород, 2004.

21. Черкашина Н.И., Сухорослова В.В. Разработка высоконаполненного полимерного композита, наполненного тяжелыми элементами // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С. 124–128.

22. Павленко В.И., Черкашина Н.И., Ивацкий Д.А. Исследование механизмов синтеза и модифицирования нанокристаллического наполнителя полимерных матриц // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 185–190.

23. Ястребинская А.В., Черкашина Н.И., Матюхин П.В. Радиационно-защитные нанонаполненные полимеры // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12–7. С. 1191–1194.

24. Matyukhin P.V., Yastrebinskii R.N., Pavlenko V.I., Cherkashina N.I. The high-energy radiation effect on the modified iron-containing composite material // World Applied Sciences Journal. 2013. № 25. С. 1343.

25. Гульбин В.Н. Разработка композиционных материалов, модифицированных нанопорошками, для радиационной защиты в атомной

энергетике // Ядерная физика и инжиниринг. 2011. Т. 2. № 3. С. 272–286.

26. Павленко В.И., Черкашина Н.И., Павленко З.В.. Синтез нанодисперсного наполнителя для полимерных композиционных материалов терморегулирующего назначения // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2016. Том 8. № 5. С. 21–37.

27. Матюхин П.В., Ястребинская А.В., Черкашина Н.И., Коба В.В. Поглощающие нейтроны нанотрубчатые наполнители высокотемпературных полимеров // Успехи современного естествознания. 2015. № 10. С. 36–39.

28. Matyukhin P.V., Pavlenko V.I., Yastrebinsky R.N., Cherkashina N.I. The high-energy radiation effect on the modified iron-containing composite material // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. Т. 17. № 9. С. 1343–1349.

29. Yastrebinsky R.N., Pavlenko V.I., Matyukhin P.V., Cherkashina N.I., Kuprieva O.V. Modifying the surface of iron-oxide minerals with organic and inorganic modifiers // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. Т. 18. № 10. С. 1455–1462.

30. Черкашина Н.И., Прут Э.В., Матюхин П.В. Влияние высоких давлений прессования при синтезе на изменение физико-механических характеристик полимерных композитов на основе термопластичных эластомеров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 12. С. 155–159.

31. Черкашина Н.И., Матюхин П.В., Ястребинский Р.Н., Павленко З.В., Демченко О.В. Использование кремнийсодержащих структур для получения композитов с повышенной устойчивостью к атомарному кислороду // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12–6. С. 991–994.

32. Pavlenko V.I., Cherkashina N.I., Yastrebinskaya A.V., Matyukhin P.V., Kuprieva O.V. Using the high-dispersity $[\alpha]\text{-Al}_2\text{O}_3$ as a filler for polymer matrices, resistant against the atomic oxygen // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 25. № 12. С. 1740–1746.

33. Черкашина Н.И., Павленко В.И., Едаменко А.С., Матюхин П.В. Исследование влияния вакуумного ультрафиолета на морфологию поверхности наноуплотненных полимерных композиционных материалов в условиях, при-

ближенных к условиям околоземного космического пространства // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. С. 129.

34. Pavlenko V.I., Edamenko O.D., Cherkashina N.I., Kuprieva O.V., Noskov A.V. Study of the attenuation coefficients of photon and neutron beams passing through titanium hydride // Journal of Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. 2015. Т. 9. № 3. С. 546–549.

35. Pavlenko V.I., Nartsev V.M., Kuprieva O.V., Pavlenko Z.V., Cherkashina N.I. Study of thermal effects on the structure of thin-film borosilicate coatings by ellipsometry, and x-ray diffraction // Journal of Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. 2015. Т. 9. № 5. С. 1022–1025.

36. Черкашина Н.И. Воздействие вакуумного ультрафиолета на полимерные композиты терморегулирующего назначения // Международный научно-исследовательский журнал, 2016. № 7–4 (49). С. 72–77.

37. Черкашина Н.И., Соколенко И.В. Разработка стекломатрицы с повышенными механическими характеристиками // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С. 267–271.

38. Черкашина Н.И. Устойчивость терморегулирующих покрытий на основе полимерных композитов к микрометеоритному воздействию // Международный научно-исследовательский журнал, 2016. № 6–2 (48). С. 165–170.

39. Черник В.Н., Новиков Л.С., Бондаренко Г.Г., Гайдар А.И., Смирнова Т.Н. Исследование эрозии полимерных волокон в потоках кислородной плазмы // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2010. Т. 74. № 2. С. 289–292.

40. Джур Е.А., Санин А.Ф., Божко С.А., Андрианов А.Ю., Белоус В.А., Рыбка А.В., Захарченко А.А., Борисенко В.Н., Зиновьев А.М., Кузнецов А.П., Плиаск Ю.В. Композиционный материал для защиты радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов от ионизирующего излучения // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2013. № 6 (52). С. 126–131.

Alfimova N.I., Pirieva S.Yu., Fedorenko A.V., Sachenko M.S., Vishnevskaya J.Yu.
MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF RADIATION-PROTECTIVE MATERIALS SCIENCE

This work presents the results of researches and latest developments in the field of creation of radiation-protective and radiation-resistant functional and structural materials in nuclear industry and in space technology. Describes the basic requirements for radiation protection, such as: optimal weight and dimensions, and the ability to lessen the impact of the combined flows of ionizing radiation. The requirements for protec-

tion against neutron radiation. Lists the materials used in the design of biological protection of nuclear reactor. It is shown that to slow down neutrons in nuclear reactors are used metal hydrides, since in the crystal lattice of metals can be dissolved quite a large number of hydrogen atoms. Most often in the biological protection used titanium hydride and composite materials on its basis. Found that are important, first of all, such materials and composites that have high radiation shielding, structural properties and high radiation resistance; these materials can be obtained on the basis of the metal matrix filled with highly dispersed oxides of heavy metals. Lists the methods for uniform distribution of filler particles in the radiation-protective materials. One of the most common is the modification of filler to create a hydrophobic surface, the introduction of 1–2 % modifier reduces the agglomeration of filler particles in polymer composites.

Key words: radiation, composite materials, neutron radiation, gamma radiation, comic impact, polymeric materials, metallic materials.

Алфимова Наталия Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail:alfimovan@mail.ru

Пириева Севда Юнисовна, магистрант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Федоренко Анна Викторовна, магистрант кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Шейченко Михаил Сергеевич, кандидат технических наук

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа № 17».

Адрес: 308010 г. Белгород, ул. Крупской, д. 9.

Вишневская Яна Юрьевна, кандидат технических наук, консультант отдела высшего образования и науки.

Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области.

Адрес: Россия, 308005, Соборная площадь, 4

*Рыбникова И.А., ст. препод.**Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова
(Новороссийский филиал)**Рыбников А.М., канд. техн. наук, доц., ст. научн. сотр.**Государственный морской университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова (г. Новороссийск)*

ОПЫТ УСТРОЙСТВА ЗАГЛУБЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ СПОСОБОМ СВАЙНАЯ «СТЕНА В ГРУНТЕ»

a.ribnikov@novoroskhp.ru

Свайная «стена в грунте» – это подземная стена разной конфигурации, сооружаемая из буронабивных свай в качестве заглубленных сооружений разного назначения. Как показала практика строительства заглубленные сооружения, возведенные способом свайная «стена в грунте», являются надёжной конструкцией, позволяющей в ряде случаев сокращать сроки строительства и получать экономический эффект. Многолетний опыт эксплуатации таких сооружений показал их надёжность. В качестве примера приведен опыт строительства шламовой насосной станции от разливающих машин плавильного цеха № 6 и реконструкции склада металлической стружки Ермаковского завода ферросплавов. Показаны конструкции и технология возведения круглой и прямоугольной подземных частей этих сооружений с использованием буронабивных свай диаметрами 0,4 и 0,6 м, длиной до 12 м. «Стена в грунте» из указанных свай использована также при устройстве разгрузочной железнодорожной эстакады склада металлической стружки. Заглубленные сооружения, возведенные способом свайная «стена в грунте», являются надёжной конструкцией, позволяющей в ряде случаев сокращать сроки строительства и получать экономический эффект.

Ключевые слова: грунт, скважина, буронабивная свая, ростверк, заглубленное сооружение, стена в грунте, экономический эффект.

Введение. В соответствии с нормативными документами [1, 2] «стеной в грунте» является подземная стена, сооружаемая из буронабивных свай или в траншее под тиксотропным глинистым (или иным) раствором. Выбор способа разработки грунтовых выработок (скважины, траншеи) для возведения «стены в грунте» производится в зависимости от назначения сооружения, глубины его заложения, инженерно-геологических условий площадки строительства, расстояния до существующих сооружений и допускаемых осадок последних.

Способ возведения «стены в грунте» из буронабивных свай, когда скважины в грунте разрабатываются и бетонируются последовательно одна за другой или через одну, применяют при возведении сооружений в непосредственной близости от существующих зданий. При таком способе, благодаря малым поперечным размерам грунтовой выработки, обеспечивается минимальное влияние её разработки на эти здания.

Методология. Имеется достаточный опыт возведения заглубленных сооружений способом свайная «стена в грунте» на реальных объектах. Прежде, чем такие конструкции внедрялись в практику строительства, проводились их исследования, разрабатывалась методика расчёта, определялась область рационального применения, прорабатывалась технология их устройства и разрабатывалась проектная документация. Только после этого на площадках строительства

возводились «стены в грунте» из буронабивных свай, позволяющие во многих случаях ускорить срок строительства и за счёт экономии материалов и трудозатрат получать значительный экономический эффект.

Основная часть. При устройстве заглубленных несущих железобетонных сооружений способом свайная «стена в грунте» последнюю обычно выполняют монолитной. В плане их стараются устраивать круглыми, чтобы элементы «стен» работали не по балочной схеме, а как кольцевое сечение, без возникновения в них растягивающих напряжений. Одним из известных вариантов применения таких «стен» используют буронабивные сваи. В этом случае для устройства свайной «стены в грунте» не требуется специальной землеройной техники и оборудования для приготовления глинистой суспензии, поскольку буронабивные сваи изготавливают серийным оборудованием по отработанной технологии.

Указанный тип свайной «стены в грунте» применён, например, при строительстве подземной части шламовой насосной станции от разливающих машин плавильного цеха № 6 Ермаковского завода ферросплавов [3]. Первоначально планировалось возведение подземной части насосной классическим методом «опускного колодца» с массивными бетонными стенами и ножом. Однако от этого способа по экономическим и технологическим соображениям при-

шлось отказаться в пользу свайной «стены в грунте».

Основные несущие конструкции «стены» состоят из 53 буронабивных свай диаметром 0,6 м, длиной 12 м, омоноличенных по головам рост-

верком и по высоте железобетонной рубашкой толщиной 0,3 м, которая в свою очередь покрыта сплошной гидроизоляцией из стального листа толщиной 6 мм. Расстояние в осях свай по кольцу диаметром 15,2 м составляло 900 мм (рис.1).

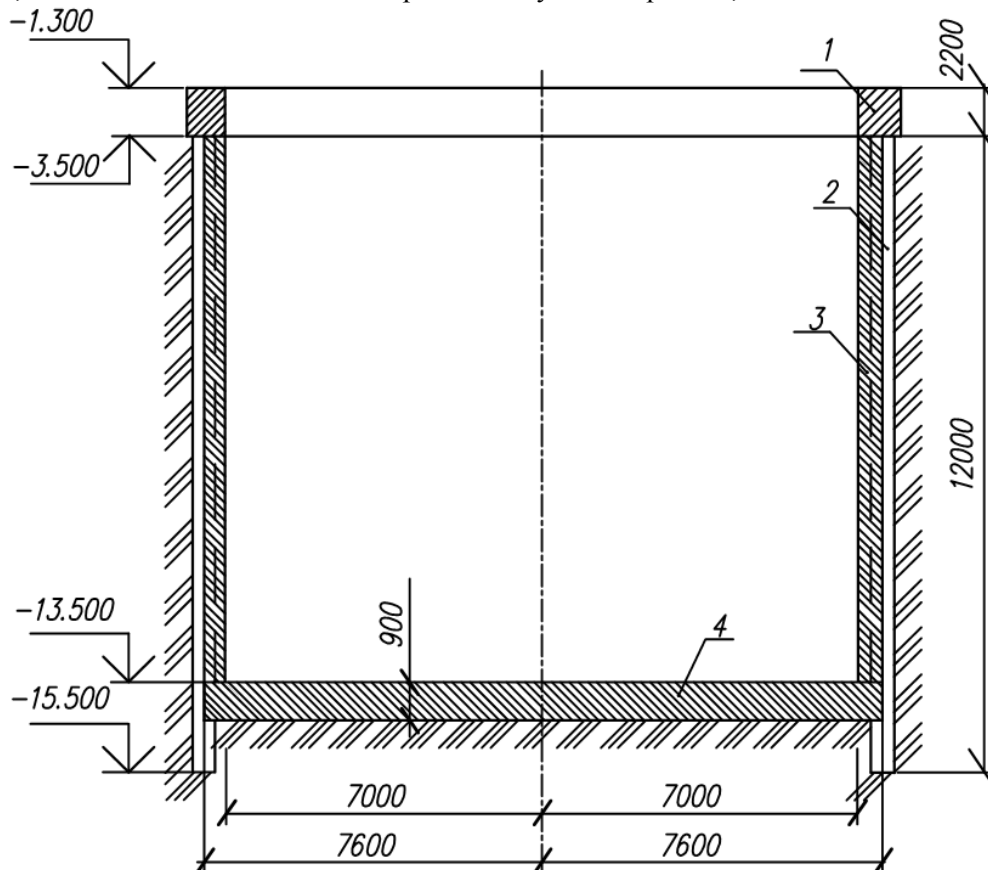


Рис. 1. Схематический разрез заглубленной части насосной станции:

1 – ростверк железобетонный обвязочный; 2 – буронабивная свая диаметром 600 мм; 3 – цилиндрическая железобетонная оболочка (рубашка); 4 – днище

Непосредственно подземная часть насосной станции представляет собой полый цилиндр диаметром 14 м по внутренней поверхности, разделённый вертикальной стенкой до отметки – 8,8 м на машинное и приёмное отделения. За относительную отметку 0,00 принят уровень чистого пола перекрытия насосной. На отметке –13,5 м расположен верх днища толщиной 0,9 м.

Площадка строительства насосной станции сложена с поверхности до разведанной глубины 45 м глинами аральской свиты со следующими физико-механическими характеристиками: $\rho = 1,88 \text{ г/см}^3$; $E = 10 \text{ МПа}$; $\varphi = 9^\circ$; $c = 0,059 \text{ МПа}$. Подземные напорные воды залегают на глубине 35 м.

На период строительства сваи служили ограждающей конструкцией подземной части насосной станции, а рубашка в процессе эксплуатации сооружения в грунте стала работать как кольцевое сечение. Технологический процесс устройства подземной части насосной станции способом свайная «стена в грунте» состоял из следующих операций:

- отрывка пионерного котлована до отметки –3,5 м;
- изготовление свай по периметру насосной станции;
- устройство обвязочного монолитного железобетонного кольцевого свайного ростверка;
- разработка (выемка) грунтового ядра внутри сооружения с одновременным устройством распорных колец в двух уровнях для придания жёсткости сваям;
- бетонирование рубашки с покрытием её стальной листовой изоляцией;
- бетонирование днища;
- устройство внутренней перегородки и перекрытия на отметке – 8,8 м;
- устройство перекрытия надземной части на отметке 0,00.

Скважины изготавливались бурильной крановой установкой БУК-600 в две очереди через одну. Стенки скважин в глине получались хорошего качества, не осыпались и не требовали крепления. Перед бетонированием забой скважины (нижний торец) уплотнялся механической

трамбовкой диаметром 500 мм весом 0,5 т, и затем в скважину на всю высоту опускался арматурный каркас. Для предотвращения обрушения устья скважины при опускании каркасов онезакреплялось инвентарной трубой-кондуктором длиной 1 м с наружным диаметром, равным диаметру скважины. Каркас фиксировался на трубе-кондукторе. По завершении бетонирования свай кондуктор удалялся. С целью чёткой фиксации в скважине и формирования защитного слоя на арматурные каркасы свай по высоте приваривались короткие полозья из полосовой стали. После отрывки свай сеточный арматурный каркас монолитной рубашки приваривался к их закладным деталям. Поэтому при установке каркасов свай особое внимание уделялось их ориентированию согласно проекту.

Свая бетонировалась бетоном класса В 25. Применялся инертный заполнитель фракцией не крупнее 30 мм, прочностью, превышающей 60 МПа. Бетонная смесь с осадкой конуса 18–20 см укладывалась в скважину через многосекционную бетонолитную трубу диаметром 300 мм, имеющую приёмный вибробункер. При подъёме бетонолитной трубы в процессе бетонирования её нижний конец постоянно оставался заглубленным в бетонную смесь не менее чем на 1 м. При этом для предотвращения расслаивания бетонной смеси труба заполнялась ею на всю высоту. Каждая свая бетонировалась без перерывов до полного её изготовления. К изготовлению свай второй очереди приступали не ранее, чем после достижения бетоном смежных свай 25 % и более проектной прочности. Параллельно процессу изготовления свай по внутренней площади насосной станции бурились скважины глубиной 10 м для облегчения в последующем

разработки грунтового ядра грейфером, но без разрыхления слоя грунта днища.

По окончании изготовления всех свай для придания жёсткости конструкции по их головам устраивался обвязочный железобетонный ростверк высотой 2,2 м. После этого разрабатывалось грунтовое ядро до отметки минус 8,8 м, устраивалось монолитное кольцо высотой 1 м и по нему – временный стальной каркас. Затем этот технологический процесс повторялся на отметке –11,5 м с устройством второго кольца, после чего грунт разрабатывался до отметки –13,5 м, и снизу-вверх армировалось и бетонировалось кольцевое сечение рубашки стены (рис. 2). Стальная листовая изоляция служила несъёмной опалубкой рубашки. После набора бетоном рубашки 70–75 % прочности временные стальные пояса демонтировались, грунт отрывался на толщину днища, а днище бетонировалось. Стальные листы были покрыты противокоррозионным составом. На следующем этапе выполнялась внутренняя железобетонная перегородка с перекрытием, монтировались насосы с трубопроводами и выполнялось перекрытие насосной станции подземной части. Завершался нулевой цикл обратной засыпкой пазух котлована местным грунтом с послойным уплотнением.

Применение свайной «стены в грунте» при строительстве шламовой насосной позволило сэкономить на 38 % стоимость подземной части и в два раза сократить срок строительства. Возведенная насосная станция до настоящего времени эксплуатируется нормально. Периодически стальная изоляция по мере необходимости покрывается противокоррозионными составами.

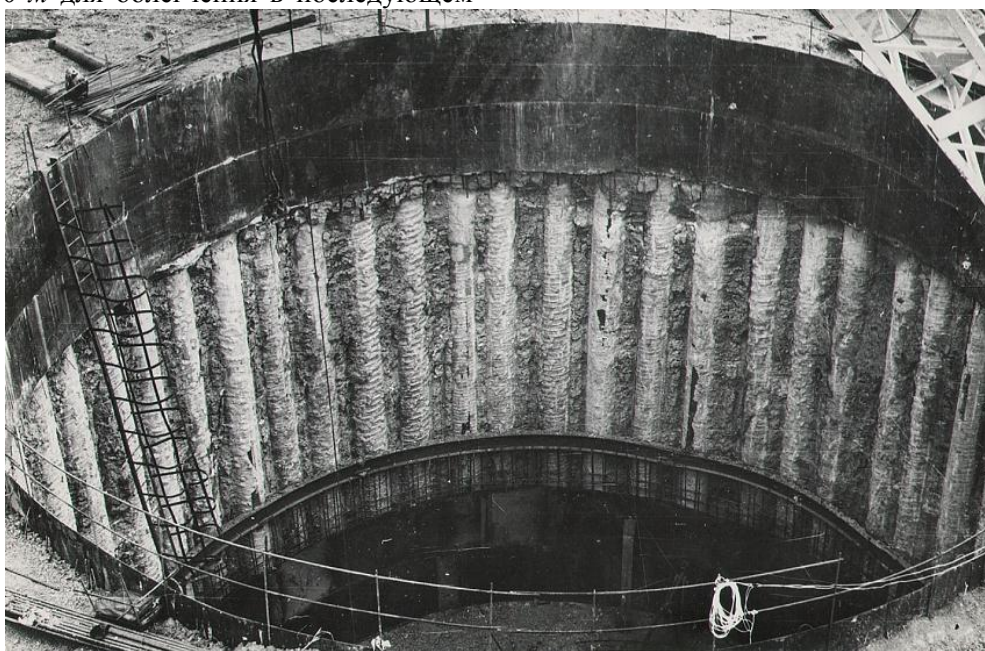


Рис. 2. Устройство армирования кольцевой рубашки «стены в грунте»

В качестве другого примера можно привести реконструкцию склада металлической стружки (используемой в качестве добавок при выплавке ферросилиция) на этом же заводе. Реконструкция склада заключалась в его расширении. К существующему складу необходимо было пристроить два пролёта по 30 м, длиной 48 м с шагом колонн 12 м. По центральной оси каждого пролёта расположены разгрузочные железнодорожные эстакады.

Заглубленная часть закровов склада представляет собой железобетонный короб-подвал глубиной 4 м под всем сооружением (кроме эстакад), поделённый на отсеки разделительными стенками. Функцию центральных разделительных стенок выполняют также эстакады. Для увеличения вместимости склада у закровов предусмотрены надземные бордюры высотой 2,4 м от нулевой отметки (отметка головки рельса).

По первоначальному проекту подземную часть закровов предполагалось возводить в сборном варианте, а фундаменты под каркас здания склада – монолитными на естественном основании. Однако вдоль склада пролегали действующие внутризаводские железнодорожные пути, и при отрывке глубокого котлована они бы попали в откос. В связи с этим необходимо было их укрепить, так как остановить движение составов или перенести пути не представлялось возможным. Крепление путей потребовало бы больших трудовых и материальных затрат. Площадка строительства склада стружки сложена глинами аральской свиты глубиной и физико-механическими характеристиками, приведенными выше.

С учётом этого обстоятельства был разработан вариант строительства заглубленной части склада способом свайная «стена в грунте» [4]. Это позволило отказаться от укрепления железнодорожных путей или остановки по ним движения. В основном решались задачи по устройству железнодорожных разгрузочных эстакад, которые одновременно являются разграничительными стенками закровов, фундаментов под стальной каркас сооружения распорного типа, внешних стенок закровов, расположенных по периметру склада. Последовательность операций строительного процесса и технология производства работ применялись следующие:

- разбиралась торцевая (фахверковая) стена существующего склада со стороны пристройки;
- на подготовленном основании монтировались железнодорожные пути разгрузочных эстакад;

- изготавливались буронабивные сваи под фундаменты каркаса, стенки эстакад и закровов, бетонировались ростверки;

- бетонировались полы, рубашка стенок закровов и эстакад с их последующей металлоизоляцией;

- стыковались возведенные и существующие части эстакад;

- монтировались надземные части закровов;

- все остальные этапы надземного строительства выполнялись по первоначальному проекту.

Скважины под сваи диаметром 0,4 и 0,6 м бурили установкой БУК-600 в общем котловане с отметки –0,65 м. Длина всех свай закровов, а также вдоль железнодорожной эстакады составила 10 м, кроме упорных (6 м). Во время буровых работ движение составов по железнодорожным путям вдоль склада и по эстакадам действующего склада не прекращалось. Несмотря на это стенки скважин не осыпались и их качество было хорошим. Расстояние в свету между сваями было принято 40 мм, поэтому сваи бурили в две очереди – через одну сваю (рис. 3).

Смежные сваи бурили только тогда, когда бетон уже в пробуренных и забетонированных скважинах достигал 25 % проектной прочности. Перед установкой арматурного каркаса забой скважины уплотняли механическими трамбовками в виде заполненных бетоном отрезков металлических труб, диаметр которых был несколько меньше диаметров скважин. Трамбовки входили в комплект навесного оборудования БУК-600. Для предотвращения обрушения устья скважин их закрепляли инвентарными трубами-кондукторами длиной 1 м с наружным диаметром, равным диаметру скважин.

Скважины армировали каркасом из шести стержней диаметром 26 мм класса А-400. Каркас имел направляющие полозья для создания защитного слоя бетона, и в проектное положение вывешивался на трубе-кондукторе с помощью арматурных коротышей. Арматурный каркас монолитной рубашки эстакады и закровов приваривался к закладным деталям свай. Поэтому особое внимание было уделено их ориентации в скважине строго перпендикулярно внутрь закровов (рис. 4).

Бетонную смесь класса В25 с осадкой конуса 18–20 см укладывали в скважину через многосекционную бетонолитную трубу диаметром 300 мм с приёмным вибробункером. При подъёме бетонолитной трубы в процессе бетонирования её нижний конец постоянно оставался заглубленным в бетонную смесь не менее чем на 1 м. Для предотвращения расслаивания бетонной смеси ею на всю высоту заполняли трубу. Сваи

бетонировали без перерывов до полного их изготовления. Применяемый инертный заполнитель был не крупнее 30 мм, прочностью, превышающей 80 МПа. Скважины под упорные сваи диаметром 0,6 м также бурили с отметки общего

котлована. Однако бетонировали их до отметки головы –4,15 м. Всего было изготовлено 1068 свай. В зимний период выполнялись мероприятия по предохранению бетона от промораживания.

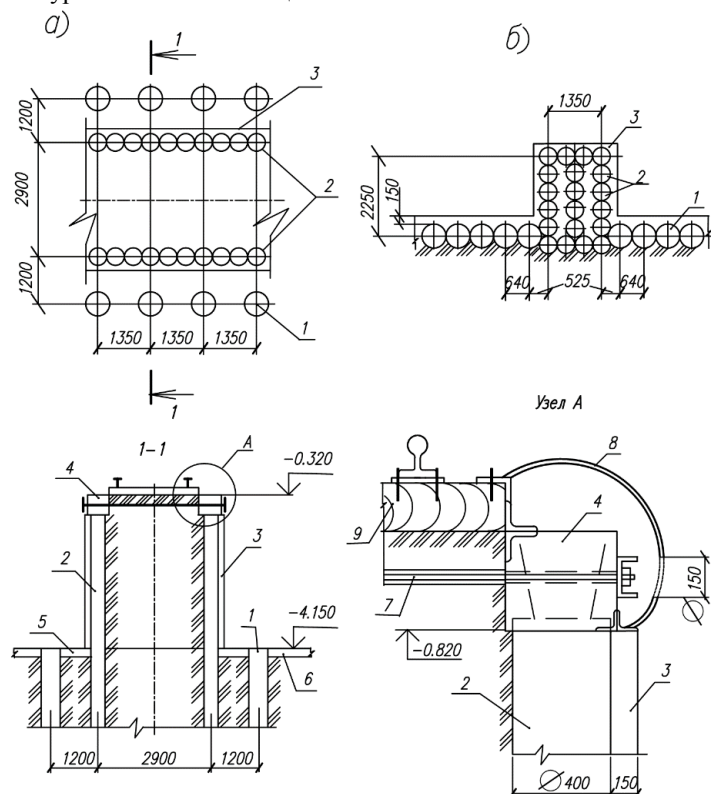


Рис. 3. Схема расположения свай под разгрузочную железнодорожную эстакаду (а), колонну каркаса склада и стенку закровов (б):

1, 2 – буронабивные сваи диаметром 0,6 и 0,4 м соответственно; 3 – монолитная железобетонная рубашка; 4 – ленточный железобетонный ростверк эстакады; 5 – сборная железобетонная упорная балочка между эстакадой и упорной свайей; 6 – днище закрома; 7 – стальной тяж в асбестоцементной трубе; 8 – половина трубы диаметром 920 мм с вырезами напротив тяжей; 9 – укороченная деревянная шпала

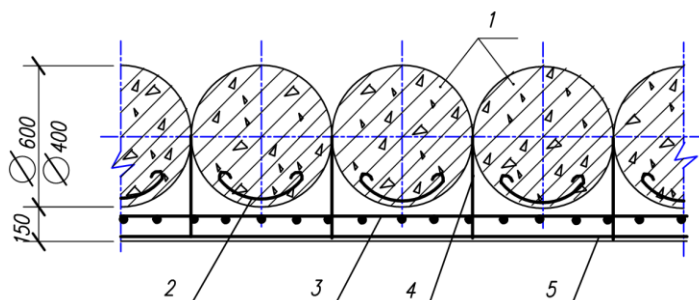


Рис. 4. Схема монолитной рубашки стенок закровов и эстакады:

1 – свая; 2 – закладная деталь на арматурном каркасе свай; 3 – арматурная сетка рубашки; 4 – арматурный коротыш; 5 – стальная полоса 100×10 мм для приваривания металлоизоляции рубашек

После изготовления свай бетонировали ленточные ростверки стенок закровов в уровне голов свай, ростверки под каркас склада и параллельные ростверки эстакады. Чтобы скрепить последние между собой, в междушпальном пространстве отрывали канавки с шагом 1,5 м и в них укладывали асбестоцементные трубы диаметром 100 мм с пропущенными через них стальными тяжами-анкерами, залитыми битумом. На концы проходящих через ростверк ан-

керов надевали гильзы. После набора бетоном ростверков марочной прочности анкера стягивали болтами (рис. 3, узел А) и закрывали для предохранения их от металлической стружки при разгрузке вагонов стальной полутрубой (труба, разрезанная вдоль). В полутрубе для возможности доступа к болтам в период эксплуатации склада напротив них вырезали отверстия диаметром 150 мм.

На следующем этапе отрывали грунт в закромах. Вдоль эстакад отрывка велась захватками по 3 м и одновременно устанавливались сборные распорные балочки по головам распорных свай. Сваи в этот период работали по всему контуру закровов как ограждающие конструкции. К закладным деталям на сваях приваривали арматурные сетки монолитной рубашки. Рубашку толщиной 150 мм по контуру склада и внутренние перегородки, включая эстакады и днище, выполняли из бетона класса В12,5.

Закладные детали для металлоизоляции заглубленных стенок закровов, изготовленные из стальной полосы 100×10 мм, устанавливали с шагом 50 см по высоте параллельно днищу. Полосы анкерили в монолитной рубашке с помощью арматурных коротышей длиной 40 см с шагом, равным шагу свай. В качестве металлоизоляции использовали листовую сталь толщиной 6 мм. На последнем этапе возведения заглубленной части склада движение по эстакадам действующего склада по очереди прекращалось на двое суток для выполнения узлов примыкания к новым эстакадам.

Применение свайной «стены в грунте» на данном объекте позволило сэкономить значительные средства и не крепить котлован (например, шпунтовой стенкой) для постоянного использования рядом расположенных железнодоро-

рожных путей. Сооружение склада до настоящего времени эксплуатируется нормально.

Вывод. Как показала практика строительства заглубленные сооружения, возведенные способом свайная «стена в грунте», являются надёжной конструкцией, позволяющей в ряде случаев сокращать сроки строительства и получать экономический эффект. Многолетний опыт эксплуатации таких сооружений показал их надёжность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свод правил СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87.
2. Устройство «стены в грунте». СТО НОСТРОЙ 2.5.74-2012 // Стандарт организации / М.: Изд-во: Типография Богенпринт. 2012. 76 с.
3. Рыбников А. М., Першин В. Г. Свайная «стена в грунте» при строительстве заглубленных сооружений // Информационный листок. Серия 67.11.31 / Караганда: Изд-во Карагандинский ЦНТИ, 1991. № 6–91. 6 с.
4. Першин В. Г., Рыбников А. М. Устройство заглубленной части склада металлической стружки Ермаковского завода ферросплавов способом свайная «стена в грунте» // Промышленное строительство. 1991. № 5. С. 27–28.

Rybnikov I.A., Rybnikov A.M.

EXPERIENCE DEVICE SUNK CONSTRUCTION MANNER PILE «SLURRY WALL»

Pile "slurry wall" - an underground wall of different configurations, built of bored piles as buried structures for different purposes. As the practice of building buried structures erected manner Water Wheel "slurry wall", are a reliable design, allowing in some cases to reduce construction time and receive economic effect. Long-term experience of operation of such structures has shown its reliability. As an example, given the experience of the construction of the sludge pumping station by filling machines smelter number 6 and the reconstruction of the warehouse swarf Ermakovskogo Ferroalloy Plant. Showing the design and technology of erection of circular and rectangular underground parts of plants, using bored piles with diameters of 0.4 and 0.6 m, length up to 12 m. "Slurry wall" of these piles are also used in the device unloading railway rack warehouse metal shavings. Buried structures erected pile method "wall in the ground", are a reliable design that allows in some cases to shorten construction time and to obtain economic benefits.

Key words: ground, well, bored pile, raft foundation, the construction of recessed, wall in the ground, the economic effect.

Рыбникова Ирина Александровна, старший преподаватель, кафедры гуманитарных и естественнонаучных дисциплин.

Новороссийский филиал Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова.

Адрес: Россия, 353915, Краснодарский край, г. Новороссийск, ул. Мысхакское шоссе, д. 75.

E-mail: a.ribnikov@novoroshkhp.ru

Рыбников Александр Михайлович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник.

Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова, кафедра «Подъёмно-транспортные машины и комплексы».

Адрес: Россия, 353918, Краснодарский край, г. Новороссийск, пр. Ленина, д. 93.

E-mail: a.ribnikov@novoroshkhp.ru

Иванченко В.Т., канд. техн. наук, проф.

Басов Е.В., аспирант

Кубанский государственный технологический университет

ОБРАЗОВАНИЕ КОНДЕНСАТА НА ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

vladimir.ivanchenko.1945@mail.ru

В статье рассмотрен случай образования плесени на внутренних поверхностях ограждающих конструкций однокомнатной квартиры. На основе анализа, выданы рекомендации по устранению причин образования конденсата.

Ключевые слова: конденсат, плесень, обследование зданий, кратность воздухообмена, приточный клапан, аэродверь.

Влияние влажностного состояния строительных материалов является одним из определяющих факторов выпадения конденсата (рис. 1) на внутренних поверхностях ограждающих конструкций. Жители многоквартирных жилых домов вносят свои коррективы в расчетный температурно-влажностный режим. Зачастую, сушка белья производится при закрытых створках окон, не устраивается сквозное проветривание

помещений, устанавливается громоздкая мебель вплотную к наружным стенам, загромождают отопительные приборы. Что в свою очередь ведет к невозможности удаления накопившейся влаги из помещения. Зная проблему эксплуатации зданий, застройщик устраивает вентиляционные клапана в оконных проемах, которые обеспечат приток свежего воздуха 30 куб.м/чел или 3 куб. м/ч на 1 кв. м жилой площади [1].



Рис. 1. Плесень на внутренних поверхностях ограждающих конструкций

Обследована однокомнатная квартира (общей площадью 40 кв.м) на 10-ом этаже жилого многоквартирного дома. Жилая комната и кухня, имеют по одной наружной ограждающей конструкции с ориентацией на Восток. Наруж-

ная ограждающая конструкция жилой комнаты состоит из железобетонной панели и установленного в нее оконного блока из поливинилхлоридных профилей. Наружная ограждающая конструкция кухни состоит из железобетонной па-

нели и установленного в нее оконного и дверного блока из поливинилхлоридных профилей. Из помещения кухни имеется выход на застекленный балкон. Помещение кухни и ванной комнаты имеют с лестничной клеткой общую внутреннюю ограждающую конструкцию. Оконные блоки, установленные в данной квартире, не имеют приточных устройств (клапанов). В жилой комнате и кухне установлено по одному отопительному прибору, приборы расположены под оконными блоками. Отопительные приборы частично загорожены различной мебелью и вещами.

Оконный блок кухни не имеет стеклопакета, вместо однокамерного стеклопакета, нижняя часть окна затянута полиэтиленовой пленкой, а в верхней части установлен оконный кондиционер. **Проживают в квартире двое взрослых человек и четверо детей в возрасте до 7 лет.** В помещениях квартиры расположены многочисленные комнатные растения в горшках. Образование грибковой плесени на оконных откосах, в углах панелей. Обильное выпадение конденсата на внутренней поверхности светопрозрачных ограждающих конструкций и раме. Температура внутреннего воздуха в жилой комнате составляла $+21,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, влажность – 59,6 %. Температура внутреннего воздуха в ванной комнате составляла $+21,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, влажность – 60,2 %. Субъективные ощущения – находится в помещении невоз-

можно, начинается кашель, головная боль. Со слов проживающих, на момент их заселения в данную квартиру следов плесени и выпадения конденсата на поверхности ограждающих конструкций не обнаруживалось, образование конденсата началось в первую зиму после заселения, во время первого резкого понижения температуры наружного воздуха. Скорость движения воздуха в районе примыкания створки и рамы оконного блока жилой комнаты составляет 0 м/с, а рядом с петлей к которой крепится створка порядка 0,1 м/с, направление движения воздуха в комнату. В ванной комнате имеется одно вытяжное отверстие (решетка отверстия сильно загрязнена), скорость движения воздуха составляет порядка 0,1 м/с, направление движения воздуха из помещения. В помещении кухни имеется одно вытяжное отверстие (решетка отсутствует), скорость движения воздуха составляет порядка 1 м/с, направление движения воздуха из помещения. Температура в середине прибора отопления жилой комнаты $35,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура воздуха на верхней поверхности прибора отопления жилой комнаты $24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура поверхности ограждающей конструкции в районе примыкания наружной стены с плитой перекрытия составляет $18,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура поверхности потолка составляет $18,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Над квартирой расположен теплый чердак.



Рис. 2. Испытательная установка в дверном проеме

В помещении произведены испытания по определению класса воздухопроницаемости ограждающих конструкций (рис. 2), а также работы по измерению кратности воздухообмена.

Данные занесены в протокол испытаний, затем мы определили объемный расход воздуха Q_{ven} ,

м³/ч [2], проходящий через вентилятор, при каждой разности давлений Δp_{env} по формуле:

$$Q_{ven} = c(\Delta p_{ven})^l; \quad (1)$$

где Δp_{ven} – средняя арифметическая разность давлений воздушного потока на вентиляторе, Па; c, l – константы, полученные при калибровке вентилятора в зависимости от установки пластины с отверстиями и числа заглушек.

$$k = [(273 + t_{int}) / (273 + t_{ext})] \sqrt{[101,3 / (p_{ext} + \Delta p_{env})] [(273 + t_{ext}) / (273 + 20)]}; \quad (3)$$

где t_{int}, t_{ext} – температуры воздуха внутри и снаружи испытываемых помещений в процессе испытаний, °С; p_{ext} – истинное барометрическое давление наружного воздуха в период испыта-

Измеренный объемный расход воздуха корректируют на стандартные атмосферные условия: $p=101,3$ кПа, $t_{int}=20$ °С = 293 К – и определяют объемный расход воздуха Q_{env} , м³/ч, через ограждения [2] по формуле:

$$Q_{env} = k Q_{ven}; \quad (2)$$

где k – поправочный коэффициент на стандартные атмосферные условия, вычисляемый:

ний, кПа; Δp_{env} – разность давлений наружного и внутреннего воздуха, кПа.

Данные комбинированного теста:

	Результаты	95 % интервал доверительности		Неопределенность
Воздушный поток при 50 Па, V50 [м ³ / ч]	73,21	58,30	91,95	+/-23,0 %
Кратность воздухообмена при 50 Па, N50 [1 / ч]	1,635	1,240	2,020	+/-23,5 %
Проницаемость при 50 Па, Q50 [м ³ / ч / м ²]	9,507	7,270	11,745	+/-23,5 %
Удельные утечки на 50 Па, W50 [м ³ / ч / м ²]	4,090	3,127	5,052	+/-23,5 %

Кратность воздухообмена [2] испытываемого помещения при разности давлений 50 Па n_{50} , ч⁻¹, определяют по формуле:

$$n_{50} = Q_{50} / V; \quad (4)$$

где V – объем испытываемого помещения, м³.

Результаты	
Воздушный поток при 50 Па, V50 [м ³ / ч]	73,21
Кратность воздухообмена в 50 Па, N50 [1 / ч]	1,635
Проницаемость при 50 Па, Q50 [м ³ / ч / м ²]	9,507
Удельные утечки на 50 Па, W50 [м ³ / ч / м ²]	4,090

Кратность воздухообмена составила 1,635. Согласно таблице Д.1 ГОСТ 31167-2009. «Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натурных условиях» были получены данные о классе воздухопроницаемости – низкая.

Соответственно, приняты меры, обеспечивающие дополнительный приток свежего воздуха (установка приточных клапанов).

Выводы

Причиной образования плесени и конденсата на оконных откосах, межпанельных швах можно считать следующий процесс. В холодный период года происходит снижение температуры внутреннего воздуха, в результате чего жители закрывают приточные клапаны (если имеются) или не производят проветривание должным образом. Также закрывание клапанов может быть спровоцировано дискомфортом от «сквозняков» идущих от клапанов (обусловлено не способно-

стью системы отопления произвести подогрев приточного воздуха). Перекрытие приточного воздуха и высокая герметичность конструкции приводят к нарушению работы системы вентиляции здания, что в свою очередь ведет к повышению влажности в помещении, так как источником влаги являются люди (40 грамм в час в состоянии покоя) [3]. Повышение влажности помещения приводит к повышению температуры точки росы, что ведет к образованию плесени и конденсата на поверхности элементов конструкции с низким сопротивлением теплопередачи. Причем первым проявлением повышенной влажности является образование конденсата на поверхности стекол, а уже потом на поверхности межпанельных швов.

Необходимо также отметить, что недопустимо устанавливать крупногабаритную мебель к наружным стенам и вешать ковры, как минимум в первые два года эксплуатации помеще-

ния, а также недопустимо загрождать приборы отопления [4].

Заселение однокомнатной квартиры семьей из шести человек может привести к аналогичным последствиям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 Таблица К.1.

2. ГОСТ 31167-2009. «Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемо-

сти ограждающих конструкций в натуральных условиях».

3. Гусев В.М., Ковалев Н.И., Попов В.П., Потрошков В.А., под ред. В.М. Гусева. Тепло-техника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учебник для вузов. Л.: Стройиздат. Ленингр. Отделение, 1981. 343 с.

4. Постановление Госстроя РФ от 27.09.2003 N 170 "Об утверждении Правил и норм технической эксплуатации жилищного фонда" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 15.10.2003 N 5176).

Ivanchenko V.T., Basov E.V.

THE FORMATION OF CONDENSATION ON THE INNER SURFACES OF SHELLS OF RESIDENTIAL BUILDINGS

The article describes a case of mold formation on the internal surfaces of building envelopes studio. Based on the analysis, makes recommendations to eliminate the causes of condensation.

Key words: condensation, mold, inspection of buildings, ventilation rates, the supply valve, blower door.

Иванченко Владимир Тихонович, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой архитектуры гражданских и промышленных зданий и сооружений
Кубанский государственный технологический университет
Адрес: Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2.
E-mail: vladimir.ivanchenko.1945@mail.ru

Басов Евгений Витальевич, аспирант кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий и сооружений
Кубанский государственный технологический университет
Адрес: Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2.
E-mail: 4263375@mail.ru

Тарасенко В.Н., канд. техн. наук, доц.,
Черныш Н.Д., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СОЗДАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО АКУСТИЧЕСКОГО РЕЖИМА В УЧЕБНОЙ АУДИТОРИИ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ОЦЕНКИ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЯ

vell.30@mail.ru

Акустический комфорт аудиторного фонда не всегда отвечает функциональному использованию. При выполнении учебной нагрузки следует ориентироваться не только на функциональное назначение аудитории, но и учитывать конструктивные особенности помещений. Акустический комфорт в аудитории многоцелевого назначения складывается из ряда факторов, основными из которых следует считать геометрию помещения, наличие конструктивных приемов членения пространства, вид отделки элементов интерьера, особенности размещения звуковоспроизводящего оборудования.

Ключевые слова: комфортность пребывания, акустический комфорт, эквивалентные площади звукопоглощения материалов и конструкций, естественная акустика учебной аудитории.

Хорошая акустика – это возможность услышать «полезные», то есть несущие информацию, звуки. Из-за плохой акустики слова говорящего становятся невнятными, неразборчивыми. Не расслышав преподавателя, учащиеся отвлекаются, пропускают ключевые моменты объяснения и теряют интерес к информации. Далее студенты переключаются на посторонние дела. Преподавателю приходится повышать голос, чтобы быть услышанным. В ответ студенты шумят сильнее. Срабатывает психоакустический эффект, когда преподаватель говорит громче, но его слова не воспринимают слушатели, увлеченные собственными разговорами. Легкий шепот в аудитории перерастает в гвалт, с которым сложно справиться.

Определение основных архитектурно-строительных параметров учебной аудитории произведено для помещения учебной лаборатории строительной физики УК 530. Габаритные размеры помещения следующие: ширина (b) – 6,2 м, длина (l) – 8,4 м и высота до низа подвесной потолочной системы (h) – 3,0 м. Общий объем помещения составляет 156,24 м³.

В соответствии с нормами, на одно посадочное место в учебной аудитории должен приходиться объем воздуха не менее 4,5 м³. Число посадочных мест в аудитории составляет 32. Таким образом, минимально возможный объем учебной аудитории при указанном числе посадочных мест должен быть в пределах 144 м³. Отклонение от реального объема помещения составляет 8 % и находится в пределах допустимого [1, 3]).

Проверка общих геометрических размеров аудитории показала, что основные размеры (длина, ширина и высота) и их геометрическое

отношение $l/b = 8,4/6,2 = 1,3$ находится в пределах нормы (от 1 до 2 для учебных помещений [3]).

Отражение волны необходимо для поддержания понижающего уровня прямого звука. Вследствие более длительного пути отражённые звуковые волны попадают к слушателю позднее. Поэтому соответствие этого пути, принятого по нормам, проверяют по формуле:

$$\Delta l = (l_1 + l_2) - l \leq 1,7 \text{ м},$$

где l_1 – звук падающий, l_2 – звук, отраженный от поверхности.

Источник звука располагают на расстоянии 1,5 м от середины доски на оси симметрии в помещении. Высота от пола при этом составляет 1,2 м. Построение лучевого эскиза распространения звука в плане и на разрезе представлено на рис. 1.

В верхнем углу в торцевой части помещения на разрезе отмечена область «пархающего» эха. В связи с чем, есть необходимость использовать слуховые ловушки, предназначенные для коррекции акустики помещения, устранения отраженных звуков, регулирования времени реверберации и выравнивания звукового поля в области низких частот.

При проектировании сооружений с учётом геометрической акустики в качестве главных учитывают звуковые лучи, падающие на поверхность, отражение которых соответствует закону: угол падения равен углу отражения.

На рис. 2 приведена развёртка стен помещения лаборатории с указанием площадей, различающихся по фактуре отделочных материалов.

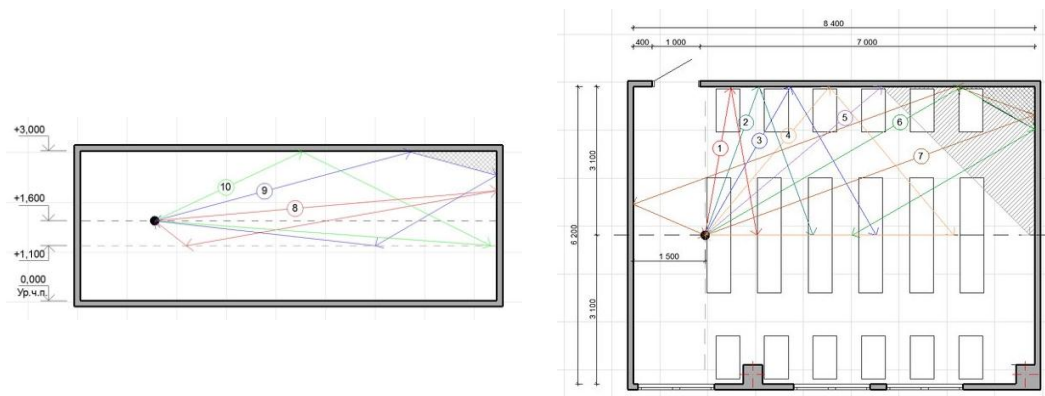


Рис. 1. Построение эскиза звукового поля в плане и на разрезе для учебной аудитории – лаборатории строительной физики

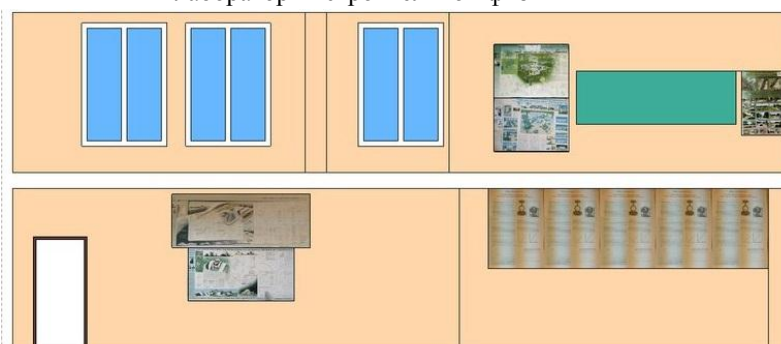


Рис. 2. Развертка стен учебной лаборатории строительной физики. При этом площади разнофактурных поверхностей составляют: пола – 52,08 м²; боковых стен – 25,2 м²; торцевых стен – 18,6 м²; потолка – 55,68 м²; двери – 2,1 м²; оконных проемов – 9,6 м².

Учитывая площади звукопоглощения и фактуру материалов, были рассчитаны примерные коэффициенты звукопоглощения на средних геометрических частотах (табл. 1, 2).

Расчет времени реверберации обычно производят для среднегеометрических частот 125,

500 и 2000 Гц. Для расчета времени реверберации учебной аудитории предварительно определен воздушный объем помещения V , м³, общая площадь внутренних поверхностей $S_{\text{общ.}}$, м², и общая эквивалентная площадь звукопоглощения (ЭПЗ) $A_{\text{общ.}}$, м².

Таблица 1

Ведомость эквивалентных площадей звукопоглощения материалов и конструкций

Наименование поверхности интерьера	Вид и отделка поверхности	Площадь поверхности, м ²	Среднегеометрические частоты нормирования, Гц					
			125		500		2000	
			коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$	коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$	коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$
Пол аудитории	Линолеум	52,08	0,02	1,04	0,03	1,56	0,04	2,08
Боковые стены	Штукатурка	38,7	0,02	0,77	0,03	1,16	0,03	1,16
	Обои	38,7	0,10	3,87	0,15	5,81	0,38	14,71
Торцевые стены	Штукатурка	37,2	0,02	0,74	0,03	1,12	0,03	1,12
	Обои	37,2	0,10	3,72	0,15	5,58	0,38	14,14
Потолок	Потолочные панели «Армстронг»	55,68	0,45	25,06	0,95	52,90	0,95	52,90
Дверь	Панель деревянная	2,1	0,03	0,063	0,08	0,168	0,04	0,084
Окна	Переpleты оконные с остеклением однокамерными стеклопакетами	9,6	0,30	2,88	0,15	1,44	0,06	0,58
Суммарная площадь S , м ²		271,26		38,14		69,74		86,77
Суммарное отношение $\alpha \times S$ по среднегеометрическим частотам								

Таблица 2

Ведомость эквивалентных площадей звукопоглощения мебелью и элементами интерьера при заполнении аудитории на 70 %

Наименование поверхности звукопоглощения	Количество присутствующих обучающихся	Среднегеометрические частоты нормирования, Гц					
		125		500		2000	
		Эквивалентная площадь звукопоглощения A	$A \times n$	Эквивалентная площадь звукопоглощения A	$A \times n$	Эквивалентная площадь звукопоглощения A	$A \times n$
Поглощение звука одеждой слушателей, стульями и столами при заполнении аудитории на 70 % (общее число посадочных мест – 32)	22	0,2	4,4	0,3	6,6	0,35	7,7
Стул ученический с фанерной спинкой и сидением, пустой	32	0,02	0,64	0,03	0,96	0,04	1,28
Суммарное отношение $\alpha \times n$ по среднегеометрическим частотам			5,04		7,56		8,98

Определение времени реверберации на частотах от 125 до 2000 Гц производят с использованием формулы (1) в соответствии с требованиями нормативной литературы [1 – 3].

$$T = 0,163 \times \frac{V}{\varphi(\alpha) \times S_{\text{общ}}} \quad (\text{от } 125 \text{ Гц до } 2000 \text{ Гц}), \quad (1)$$

где V – реальный объем помещения; $S_{\text{общ}}$ – площадь пола аудитории.

На больших частотах (выше 2000 Гц) время реверберации принято определять по формуле (2).

$$T_{2000 \text{ Гц}} = 0,163 \times \frac{V}{4 \times m \times V + \varphi(\alpha) \times S_{\text{общ}}}, \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{A_{\text{общ}}}{S_{\text{общ}}}, \quad \text{где } A_{\text{общ}} = \Sigma \alpha \times S + \Sigma A \times n + \alpha_{\text{доб}} \times S_{\text{общ}},$$

при этом $\alpha_{\text{доб}}$ следует принять 0,06 для частоты 125 Гц и 0,04 для интервала частот от 500 до 4000 Гц включительно [3].

Тогда время реверберации на частоте 125 Гц составит:

$$A_{\text{общ.}} = 38,14 + 5,04 + 0,06 \cdot 271,26 = 59,46 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$\alpha = \frac{59,46}{271,26} = 0,22; \quad \varphi = 0,25; \quad T = 0,163 \cdot \frac{156,24}{0,25 \cdot 271,26} = 0,58 \text{ (с)}$$

Время реверберации на частоте 500 Гц составит:

$$A_{\text{общ.}} = 69,74 + 7,56 + 0,04 \cdot 271,26 = 88,15 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$\alpha = \frac{88,15}{271,26} = 0,32; \quad \varphi = 0,39; \quad T = 0,163 \cdot \frac{156,24}{0,39 \cdot 271,26} = 0,3 \text{ (с)}$$

Время реверберации на частоте 2000 Гц составит:

$$A_{\text{общ.}} = 86,77 + 8,98 + 0,04 \cdot 271,26 = 106,6 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$\alpha = \frac{106,6}{271,26} = 0,39; \quad \varphi = 0,49; \quad T = 0,163 \cdot \frac{156,24}{0,49 \cdot 271,26} = 0,2 \text{ (с)}$$

Таблица 3

Расчетное значение времени реверберации в учебной аудитории – лаборатории строительной физики

Частота нормирования, Гц	$A_{\text{общ.}}$	α	φ	Время реверберации T , с
125	59,46	0,22	0,25	0,58
500	88,15	0,155	0,30	0,30
2000	106,6	0,192	0,42	0,20
Среднее значение времени реверберации в аудитории, с				0,36

Для учебной аудитории объемом 150 м^3 время реверберации должно находиться в пределах $0,76 \text{ с} \pm 10 \%$ [17]. Выборка нормируемых показателей представлена на рис. 3. Изучение основных показателей распределения звука в

помещении лаборатории (см. табл. 3) показало, что расчетное время реверберации составляет $0,36 \text{ с}$, что несоизмеримо меньше требуемого показателя.

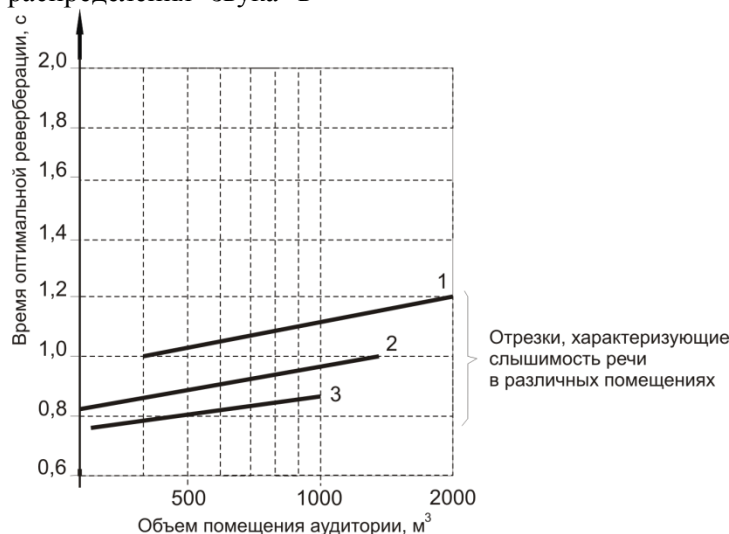


Рис. 3. Схема определения рекомендуемого времени реверберации, где: 1 — залы многоцелевого назначения, в том числе для прослушивания камерной музыки; 2 — аудитории многоцелевого назначения; 3 — лекционные залы, залы заседаний, кинозалы

В качестве рекомендации по использованию лабораторного фонда аудиторий следует отметить, что многие из них изначально не приспособлены к прослушиванию в них лекций. Габаритные размеры, типы и виды отделки таких аудиторий ориентированы на проведение других видов учебных занятий. Это целесообразно учитывать в расписании занятий с целью повышения эффективности образования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. МУК 4.3.2194-07. Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях: методические указания. М. 2007. 19 с.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и территории жилой застройки. М. 1996. 8 с.
3. ГОСТ 12.1.036-81 (СТ СЭВ 2834-80). Система стандартов безопасности труда. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях. М.: ИПК Изд-во стандартов. 2001. 6 с.
4. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 / Минрегион России. М.: ОАО «ЦПП». 2011. 42 с.
5. Денисова Ю.В., Тарасенко В.Н. Звукоизоляция жилых и офисных помещений // Образование, наука, производство и управление. Т. II. Белгород: Изд-во БГТУ. 2011. С. 15–17.
6. Тарасенко В.Н., Соловьева Л.Н. Проблемы звукоизоляции в жилищном строительстве //

Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 48–52.

7. Lesovik R.V., Botsman L.N., Tarasenko V.N. Enhancement of Sound Insulation of Lightweight Concrete Based on Nanostructured Granular Aggregate // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, № 10. 2014. С. 1789–1793.

8. Тарасенко В.Н., Дегтев И.А. Звукоизоляция ограждающих конструкций // Приоритетные научные направления: от теории к практике: сб. научн. тр. XIV Междунар. научно-практич. конф. Новосибирск. 2014. С. 143–148.

9. Тарасенко В.Н. Проектирование шумозащитных сооружений // Научные технологии и инновации: сб. науч. тр. Междунар. научно-практич. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). Белгород: Изд-во БГТУ. 2014. С. 115–117.

10. Васильев И.В. Обзор многоканальных систем коррекции акустики // Молодой ученый. 2016. №5.

11. Некипелова О.О., Некипелов М.И., Маслова Е.С., Урдаева Т.Н. Шум, как акустический стрессор, и меры борьбы с ним // Фундаментальные исследования. 2006. № 5. С. 55–57.

12. Наугольных К.А., Рыбак С.А. Распространение звука в неустойчивом атмосферном слое // Акустический журнал. 2007. № 53. С. 477–480.

13. Арабаджи В.И., Рудик К.И. О спектрах некоторых шумов естественного происхождения // Акустический журнал. 1962. № 8. С. 466–468.

14. Ланэ М.Ю., Сухов В.Н. Акустика зрительного зала московского академического музыкального театра имени К. С. Станиславского и В. И. Немировича-Данченко. Электронный журнал «Техническая акустика» <http://ejta.org>. Вып. № 8. Том 8. 2008.

15. Боганик А.Г. Новые материалы для акустического комфорта // Технологии строительства. 2010. № 4 (73). С. 64–67.

16. Боганик А.Г. Новые решения для звукоизоляции помещений // Технологии строительства. 2007. № 7 (55). С. 80–81.

17. Черныш Н.Д., Тарасенко В.Н. Микроклимат селитебной территории как многоком-

понентная среда архитектурно-строительного проектирования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 57–61.

18. Тарасенко В.Н., Дегтев И.А., Голиков Г.Г. Исследование шума в зале многоцелевого назначения СДК студентов при БГТУ им. В.Г. Шухова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 39–45.

19. Тарасенко В.Н., Дегтев И.А., Черныш Н.Д. Акустический комфорт зала многоцелевого назначения ДК студентов БГТУ им. В.Г. Шухова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 29–35.

Tarasenko V.N., Chernysh N.D.

CREATING AN OPTIMAL ACOUSTIC MODE IN THE CLASSROOM AS AN IMPORTANT FACTOR IN THE EVALUATION OF MICROCLIMATIC CONDITIONS

The acoustic comfort of the classrooms do not always meet functional use. When performing a training activity should focus not only on the functionality of the audience, but also take into account the constructive features of the premises. Acoustic comfort in the classroom, multi-purpose consists of a number of factors, the main of which should be considered the geometry of space, the presence of constructive methods of partitioning space, the type of finish on the interior, especially the placement of audio reproduction equipment.

Key words: *the comfort, acoustic comfort, the equivalent area of sound absorption of materials and structures, the natural acoustics of the classrooms.*

Тарасенко Виктория Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: vell.30@mail.ru

Черныш Надежда Дмитриевна, доцент кафедры архитектурных конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: konstarch@mail.ru

Лебедев В.М., канд. техн. наук, доц.,
Кряж А.А., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

Для анализа и проектирования логистических систем основным принципом является системный подход. Технология его применения представлена в виде блок-схемы и основана на принципах системного анализа. Представлена схема реализации этапа описания и анализа объекта исследования и последовательность выполнения заключительных этапов системного анализа. Определены задачи этапа описания и анализа объектов исследования.

Ключевые слова: логистическая система, материальный поток, системный анализ, системный подход, строительно-монтажные работы.

Логистическая система в строительстве – это самоорганизующаяся адаптивная, сложная динамическая и стохастическая структура, состоящая из многочисленных взаимодействующих и взаимосвязанных многоуровневых иерархических элементов относительно стабильного целевого и функционального назначения, функционирование которой направлено на своевременное и качественное обеспечение строительного производства необходимыми материальными ресурсами с максимальной полезностью для потребителей [1, 2].

Логистика строительного производства – это раздел науки об управлении и автоматизации материальных потоков, потоков услуг по производству строительно-монтажных работ (СМР) и связанных с ними информационных и финансовых потоков в определенной экономической системе строительно-монтажной организации (СМО) для достижения поставленных перед ней целей по выполнению строительных процессов и возведению объектов [3].

С позиций строительного бизнеса: «Логистика строительного производства – это интегральный инструмент менеджмента, способствующий достижению стратегических, тактических или оперативных целей организации бизнеса (строительства) за счет эффективности от снижения общих затрат и удовлетворения требований конечных потребителей (заказчиков) к качеству строительной продукции при производстве СМР от управления материальными и (или) сервисными потоками, а также сопутствующими им потоками информации и финансовых средств» [3].

Основной объект исследований логистики строительного производства – это материальный поток, определяемый проектами поточного строительства (ППС) объектов и комплексов или ППС на годовые программы СМО.

Для анализа и проектирования логистических систем (ЛС), методов и приёмов логисти-

ческого менеджмента разработаны и апробированы многие методологические принципы, основным из которых применительно к строительному производству (СП) является системный подход, который проявляется в рассмотрении всех элементов ЛС СП как взаимосвязанных и взаимодействующих достижению конечной цели (результата) – сдаче объекта.

При формировании ЛС СП необходимо применение методологии системного анализа.

Системный подход нашёл успешное применение к синтезу логистических систем управления, объектами которых являются предприятия и организации различных видов транспорта [3, 4]. Применительно к проблеме построения ЛС СП необходимо подчеркнуть принципиальную новизну постановки задачи, заключающуюся в следующем:

- новом рыночном экономическом окружении (внешней среде);
- необходимости учета международного разделения труда и кооперации, координации исследований с международными программами в области логистики, торговли и транспорта;
- новом интегральном характере взаимодействия логистических посредников для достижения главной цели ЛС СП;
- оптимизации всех видов ресурсов в процессах проектирования, разработки и внедрения ЛС СП.

Основываясь на принципах системного подхода, изложенных выше, технологию его применения к проблеме формирования ЛС СП можно представить в виде блок-схемы (рис. 1) [3, 4].

При системном анализе необходимо выявить состав и содержание транспортных и сопутствующих логистических услуг, где они создаются и как проявляются, как оценивается их качество и какие существуют недостатки транспортно-логистического сервиса, каков рынок

этих услуг; оценить факторы влияющие на проблему.

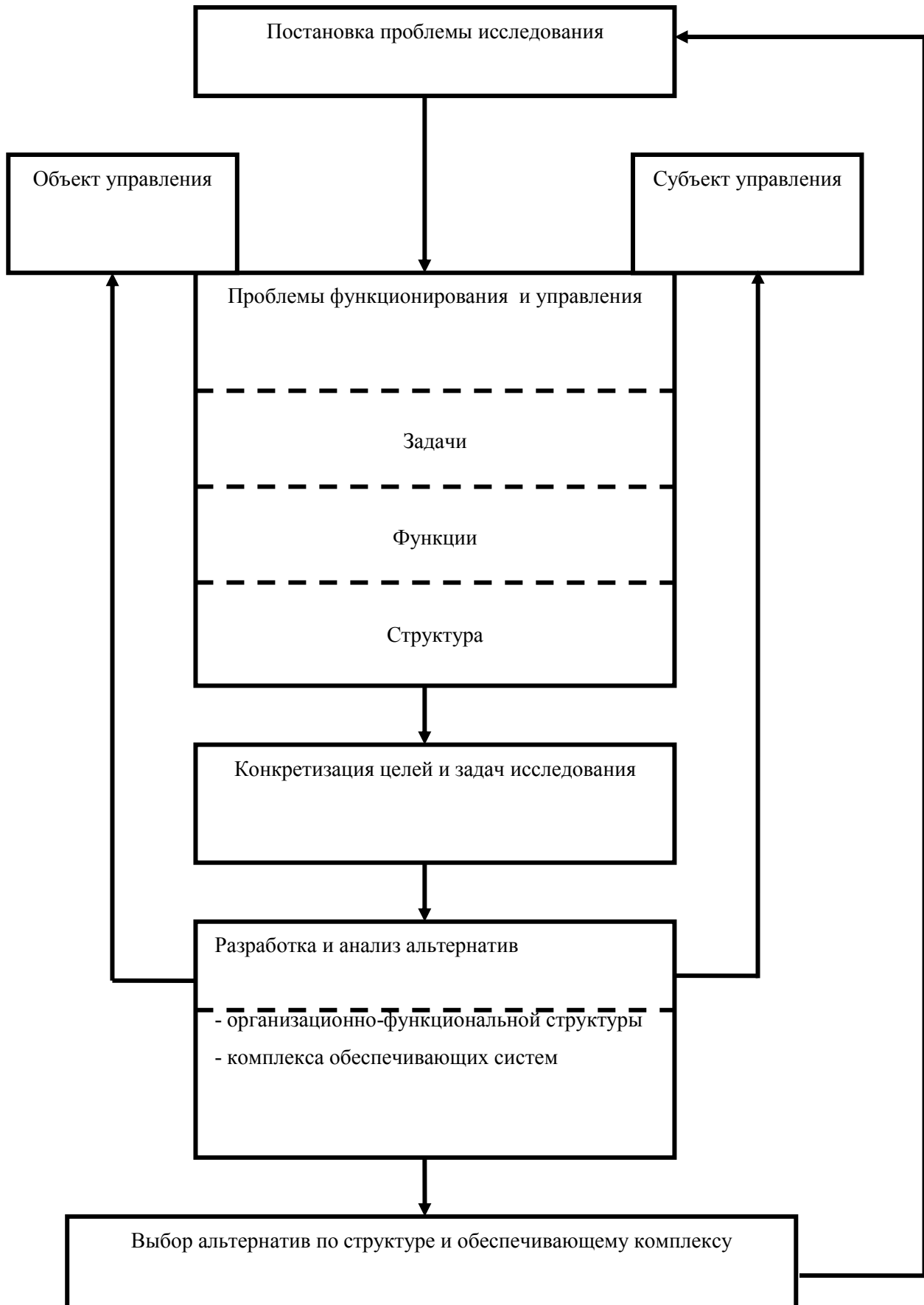


Рис. 1. Блок схема проведения системного анализа проблемы формирования логистической системы

Задачи этапа описания и анализа объектов исследования (ЛС СП) состоят в его системном описании, удобном для дальнейшего формирования ЛС. На этом этапе определяются:

- цели функционирования ЛС СП;
- основные задачи, конкретизирующие эти цели;
- предварительные организационно-функциональные структуры объекта и субъекта управления в ЛС;
- критерии и показатели функционирования;
- проблемы взаимодействия видов транспорта на рынке транспортно-логистических услуг и др.

Возможная схема реализации этапа описания и анализа объекта исследования представлена на рис. 2 [3, 4].

Заключительные этапы системного анализа проблемы формирования ЛС СП состоят в анализе и выборе альтернатив по организационно-функциональной структуре ЛС и комплексу обеспечивающих подсистем. Последовательность выполнения этих этапов приведена на рис. 3

Согласно алгоритма (рис. 3) до начала проектирования ЛС СП необходимо провести качественный и количественный анализ имеющихся альтернатив, оценить их влияние на эффективность ЛС и качество логистического сервиса. Необходимо определить целесообразность каждого мероприятия в соответствии с поставленными задачами, возможность его реализации и потребные ресурсы.

Возможная схема реализации этапа описания и анализа объекта исследования представлена на рис. 2 [3, 4].

Задачи для разработки и внедрения ЛС СП ставятся в ППС объектов и комплексов, а также в ППС на годовые программы СМО.

Поточное строительство предусматривает согласованное движение трудовых, материальных, финансовых и информационных потоков. Системная целостность строительного производства обеспечивается интеграцией поточных процессов в логистической цепи, состоящей из элементов (звеньев) предприятий поставщиков, транспортных и строительных организаций. Эффективность логистической цепи достигается регулированием и выполнением логистических процессов теми участниками, которые СП выполняют их с минимальными затратами. При разработке и внедрении ППС объектов и комплексов необходимо предусматривать логистические цепи совокупностей сбалансированных трудовых, материальных, финансовых и информационных потоков в организационно – техно-

логическом и экономическом единстве в движении во времени и пространстве.

Логистика в строительстве рассматривается в отдельной строительной организации на микроуровне и (или) в региональном комплексово-транспортно-строительном комплексе (КТСК) на макроуровне [1].

Логистика СМО ориентируется на показатели:

- запасы материалов и изделий;
- загрузка мощностей строительных подразделений;
- комплектность поставок и величина партий;
- время укладки материалов и изделий при производстве СМР на строительстве объектов [1].

Основным компонентом логистики СМО является материалопоток, являющийся предметом труда логистических служб. Главной задачей логистики СП является организация потоков материально-технических ресурсов прямо на стройплощадку к рабочему месту строителей в соответствии с организационно-техническими решениями проектов поточного строительства.

Поточное строительство предусматривает согласованное движение трудовых, материальных, финансовых и информационных потоков. Системная целостность строительного производства обеспечивается интеграцией поточных процессов в логистической цепи, состоящей из элементов (звеньев) предприятий поставщиков, транспортных и строительных организаций. Эффективность логистической цепи достигается регулированием и выполнением логистических процессов теми участниками, которые выполняют их с минимальными затратами. При разработке и внедрении ППС объектов и комплексов необходимо предусматривать логистические цепи совокупностей сбалансированных трудовых, материальных, финансовых и информационных потоков в организационно – технологическом и экономическом единстве в движении во времени и пространстве.

Сложность и динамичность производственно-хозяйственных связей строительства в рыночных условиях вызвали необходимость рассмотрения потоков в их логистической взаимосвязи.

При формировании логистических систем строительного производства необходимо применение методологии системного анализа.

Резервы повышения эффективности в строительном производстве заключаются в комплексном подходе к управлению трудовыми, материальными, финансовыми, информационными и другими потоками.

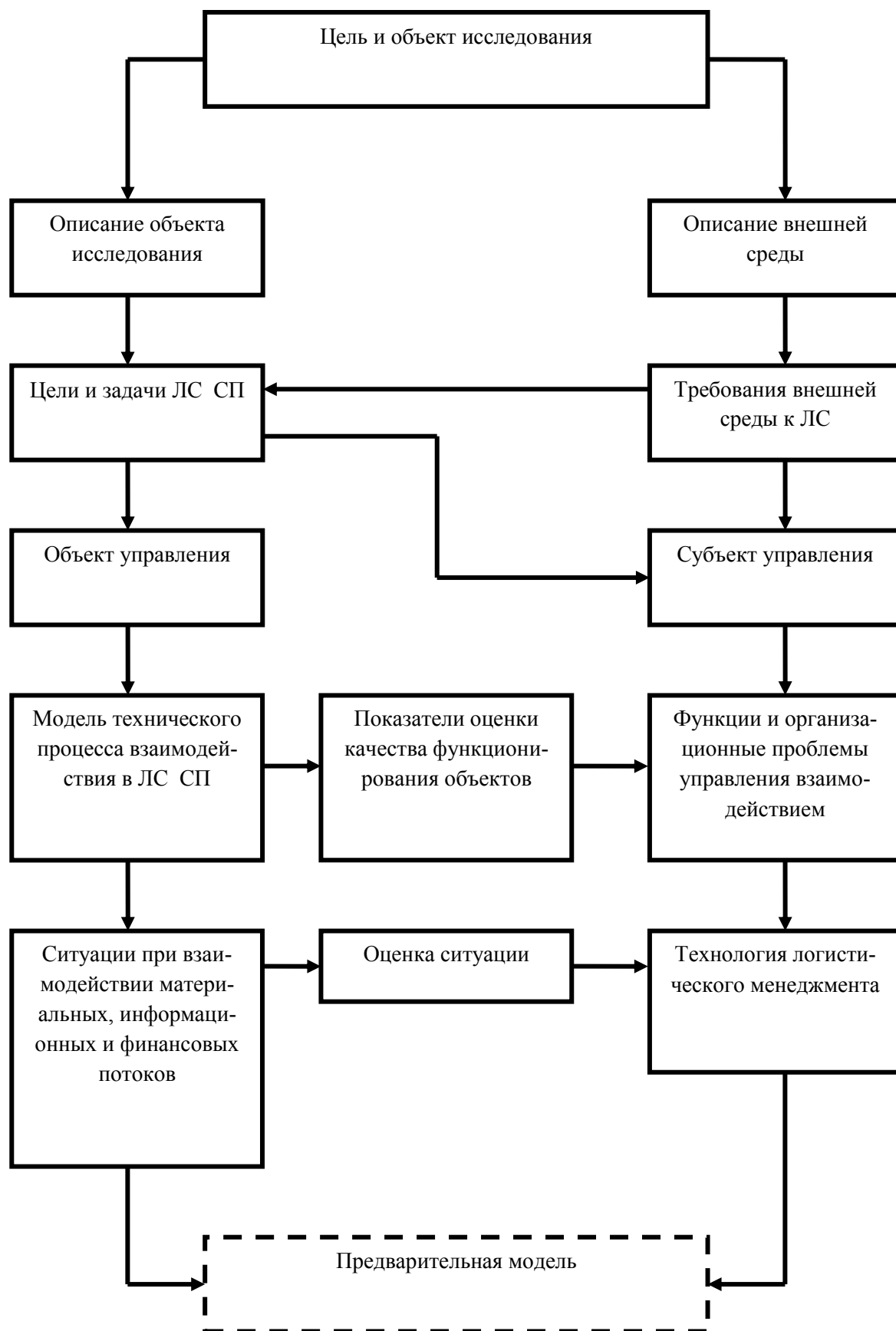


Рис. 2. Схема реализации этапа описания и анализа объекта исследования

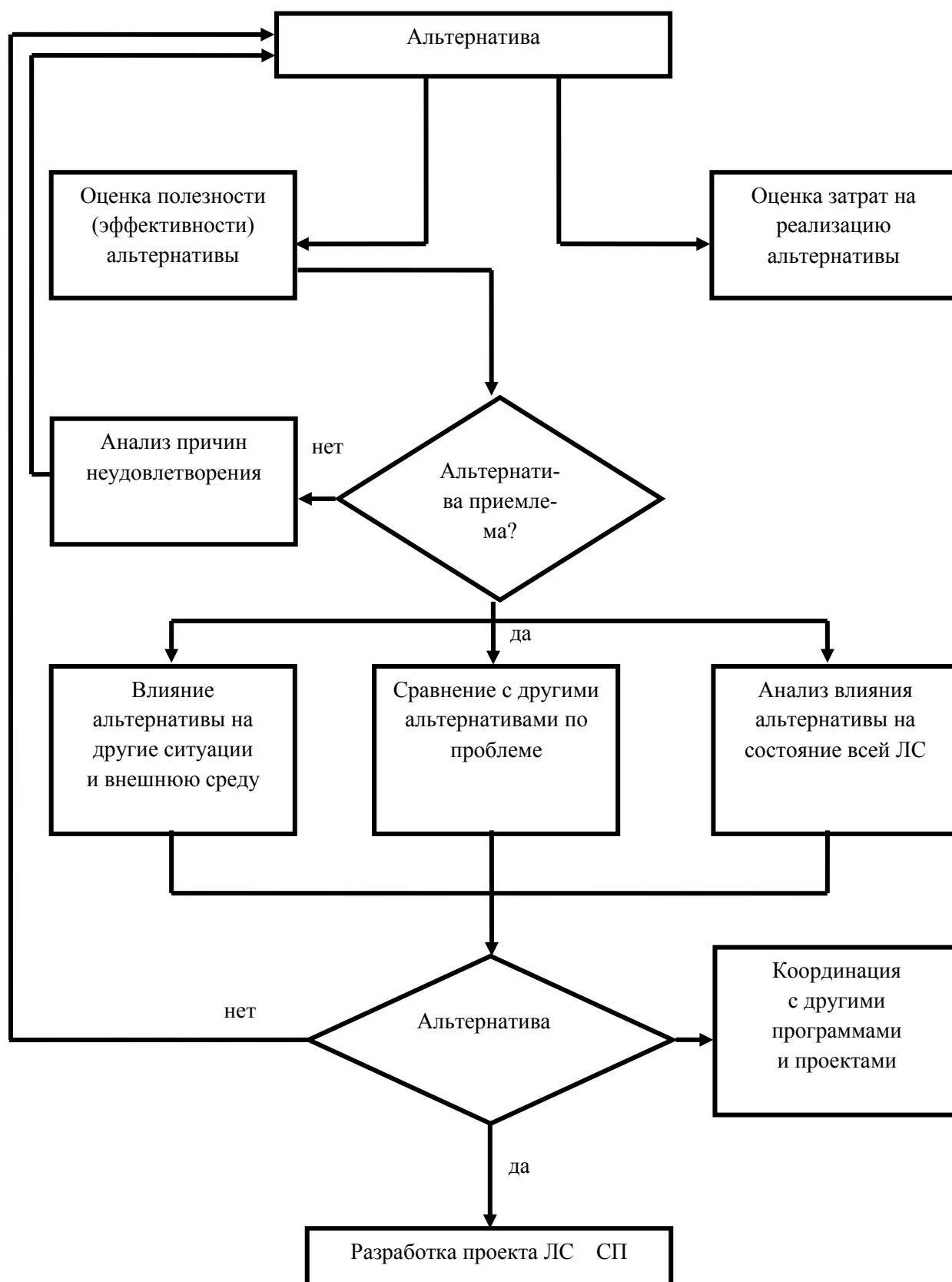


Рис. 3. Алгоритм оценки и выбора альтернатив в процессе формирования ЛС СП

Информационные потоки, циркулирующие внутри логистической системы между ее элементами, а также связанные с внешней средой, образуют логистическую информационную систему, определяемую как интерактивная структура из персонала, оборудования и технологий, объединенных связанной информацией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жаворонков Е.П. «Эффективность логистики в строительстве». М.: КИАцентр, 2002 136с.
2. Жаворонков Е.П., Пермякова Л.В. Менеджмент в строительстве. ООО «Издательство Элит», 2005. 416с.
3. Сергеев В.И. Логистика в бизнесе: М.: ИНФРА – М, 2001. 608с.
4. Семененко А.И., Сергеев В.И. Логистика. Основы теории: СПб: «Союз», 2003 544 с.
5. Лебедев В.М. Моделирование системоквантов строительного производства: Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 244 с.
6. Лебедев В.М. Системотехника строительства и формирования функциональных систем зданий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 165с.
7. Сивохина Н.П., Родинов В.Б., Горбунов Н.М. Логистика. М.: ООО «Издательство АСТ», ЗАО «РИК Русанова», 2000. 224 с.
8. Стаханов В.Н., Ивакин Е.К. Логистика в строительстве. М.: «Издательство Приор», 2001. 176 с.
9. Лебедев В.М. Системотекванты строительного-монтажной функциональной системы производства. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 266с.
10. Лебедев В.М. Системотехника и системокванты строительного производства. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 239 с.

Lebedev V.M., Kryazh A.A.

LOGISTICAL SYSTEM OF BUILDING PRODUCTION

For the analysis and design of logistics systems is a basic principle of the system approach. Use of technology represented in block diagram form and is based on the principles of the system analysis. The scheme of the implementation phase of description and analysis of the research object and sequence of the final stages of system analysis. Certain tasks step description and analysis of the objects of research.

Key words: logistics system, material flow system analysis, system approach, building and assembly jobs.

Лебедев Владимир Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

Кряж Алексей Андреевич, магистрант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: deasai@mail.ru

DOI: 10.12737/article_58e61337ae3da9.69425067

Иванченко В.Т., канд. техн. наук, проф.,
Гражданкин А.А., аспирант

Кубанский государственный технологический университет

УТОЧНЕНИЕ СОЛНЕЧНОГО КЛИМАТА Г.КРАСНОДАРА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

vladimir.ivanchenko.1945@mail.ru

В статье рассмотрены результаты исследования солнечного климата г. Краснодара и сравнение полученных данных с научно-прикладным справочником «Климат России».

Ключевые слова: солнечный климат, солнечная радиация, инсоляция, солнечная батарея, система автономного жизнеобеспечения здания.

Солнечная радиация является основным источником энергии атмосферных процессов. Обычно солнечная радиация измеряется по ее тепловому действию и выражается в калориях за единицу времени на единицу поверхности. Проходя сквозь земную атмосферу, солнечная радиация изменяется по интенсивности и спектральному составу. В результате у земной поверхности поток прямой солнечной радиации, поступающей от солнечного диска, колеблется в зависимости от физических свойств атмосферы и длины пути, проходимого в атмосфере солнечными лучами, в широких пределах, но не превышает на уровне моря $1,5 \frac{\text{ккал}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин}}$; с высотой над уровнем моря он возрастает. Часть солнечной радиации, рассеянной в атмосфере, доходит до поверхности земли от всего небесного свода и называется рассеянной солнечной радиацией. Ее поток меняется в зависимости от высоты Солнца, замутненности атмосферы и условий облачности.

На метеорологических станциях измеряется только продолжительность солнечного сияния, представляющая собой время, в течение которого прямая солнечная радиация равна или больше $0,1 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$ ($0,2 \frac{\text{ккал}}{\text{см}^2 \cdot \text{мин}}$). Остальные составляющие солнечной радиации измеряются на специальных сети актинометрических станций.

Для того чтобы эффективно работала автономная система энергоснабжения на основе использования возобновляемых источников энергии необходимо знать достоверные значения величины потенциала возобновляемых энергоресурсов на данной территории. Примерно оценить этот потенциал можно по данным многолетних наблюдений, опубликованных в гидрометеорологических справочниках и атласах (таких как «Научно-прикладной справочник по климату СССР. Многолетние данные», который лежит в основе СП 131.13330.2012 [1], и др.), или по компьютерным базам данных, таким как научно-прикладной справочник «Климат России» [2].

Для создания гидрометеорологического справочника на территории СССР проводились работы в течение нескольких десятилетий в Главной геофизической обсерватории (ГГО) им. А.И. Воейкова. В России регистрация прихода солнечного излучения, скорости и направления ветра, температуры воздуха и почвы, влажности воздуха, осадков и атмосферных явлений осуществляется государственной метеорологической службой с использованием сети стационарных метеорологических станций. Результаты измерений публикуются в специальных справочниках, начиная с 1961 г. Измерения основных величин на сети метеорологических станций проводятся стандартными приборами: интенсивность прямого солнечного излучения – актинометрами, имеющими систему постоянной ориентации на солнце; интенсивность суммарного излучения (прямого плюс рассеянного) – пиранометрами баллометрического типа.

Если в рассматриваемом районе отсутствуют актинометрические станции, то расчет прихода солнечного излучения основывается на косвенном методе репрезентативности данных на ближайших станциях. Данные о плотности потока солнечного излучения на территории России, рассчитанные по эмпирической формуле Ангстрема и Пейджа, нанесены на карты в метеорологических справочниках. На самом деле данные о солнечном излучении на большей части территории РФ отсутствуют.

Недостатком современной методики оценки потенциала возобновляемых энергоресурсов является то, что в большинстве случаев стационарные метеостанции находятся на значительном расстоянии от того места, где необходимо определить потенциал возобновляемых энергоресурсов. Кроме того, не все метеостанции обладают достаточным набором оборудования и приборов, например, лишь незначительное количество метеостанций имеют в своем составе датчики измерения солнечной радиации.

Еще одним недостатком является то, что метеопараметры, предоставляемые стационар-

ными метеостанциями, измеряются с большим интервалом, лишь несколько раз в сутки, тогда как для достаточно точного расчета, например, фотоэлектрических станций, как правило, используются данные по радиации за каждый час.

Для получения первичных данных для исследования были использованы данные от метеостанции 34927 Краснодар, Круглик (согласно данным научно-прикладного справочника «Климат России»). Используемый период наблюдений этой станции с 1965 г. по 2000 г.

Таблица 1

Средние значения суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность (кВт·ч/м²) при безоблачном небе с 1965г. по 2000г

Индекс ВМО	Название станции	Радиация	Месяц												Год
			Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
34927	Краснодар, Круглик	суммарная радиация на горизонтальную поверхность	62,50	91,11	147,22	189,44	234,16	239,72	231,67	202,78	156,94	115,28	60,83	53,61	1785,26



Рис. 1. Датчик инсоляции Sunny Sensorbox от компании SMA Solar Technology AG

Для исследования солнечного климата г. Краснодар в условиях реальной застройки, совместно с фирмой «Солнечный центр» в ноябре 2014 г. на экспериментальный дом [3] был установлен датчик инсоляции Sunny Sensorbox от компании SMA Solar Technology AG. Датчик проводил замеры в автоматическом режиме с периодичностью один раз в час (24 замера в сутки) и отправлял данные на сервер компании SMA. Для оценки целесообразности установки и

условий работы солнечных батарей, а так же всего здания в целом, был проведен анализ данных суммарной солнечной радиации $\frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{м}^2}$, полученных с датчика инсоляции. Т.к. датчик был установлен в конце 2014 г. то для корректного сравнения данных с метеостанции и реальных условий работы солнечных батарей в условиях городской застройки и запыленности атмосферы используем данные за 2015 и 2016 год.

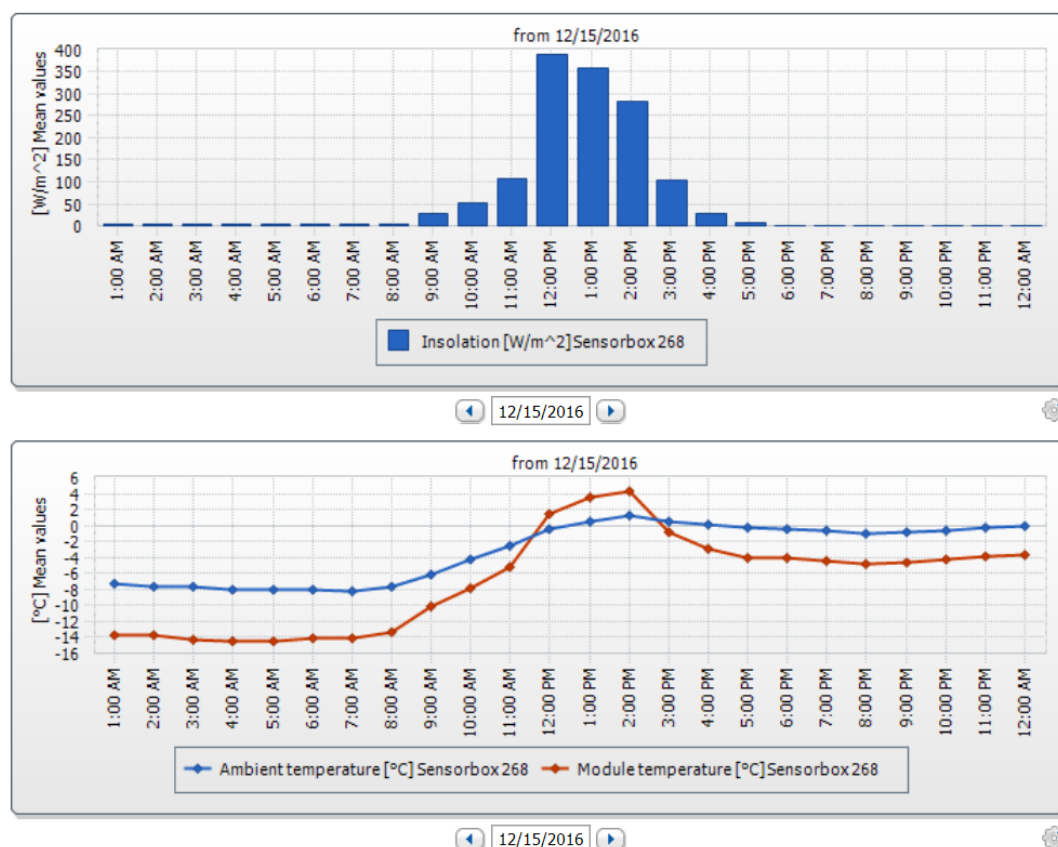


Рис. 2. Пример распределение освещенности и температуры в течение дня получаемых с датчика инсоляции Sunny Sensorbox

Таблица 2

Значение суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$) в реальных условиях городской застройки за 2015 год

Индекс ВМО	Название станции	Радиация	Месяц												Год
			Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
-	Sunny Sensorbox	суммарная радиация на горизонтальную поверхность	54,92	85,19	126,57	145,21	177,08	170,96	193,74	195,26	162,36	110,44	57,28	47,78	1526,79

При сравнительном анализе мы видим, что суммы солнечной радиации в реальности меньше практически на 15 %, чем мы можем получить из научно-прикладного справочника «Климат России». Это происходит из-за того, что приведенные данные в справочнике «Климат России» не учитывают загрязнение атмосферы взвешенными частицами пыли, городского смога и других уменьшающих солнечный поток

факторами, а так же из-за неточности данных из справочников, причины которых описаны в начале статьи.

Следовательно, при проектировании солнечной системы необходимо учитывать данный факт, и как следствие увеличивать мощность системы [4–6]. Это приводит к удорожанию систем автономного жизнеобеспечения зданий.

Таблица 3

**Значение суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$)
в реальных условиях городской застройки за 2016 год**

Индекс ВМО	Название станции	Радиация	Месяц												Год
			Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
-	Sunny Sensorbox	суммарная радиация на горизонтальную поверхность	56,69	101,25	100,59	155,33	155,85	162,25	192,28	174,93	147,12	118,54	70,61	38,25	1473,69

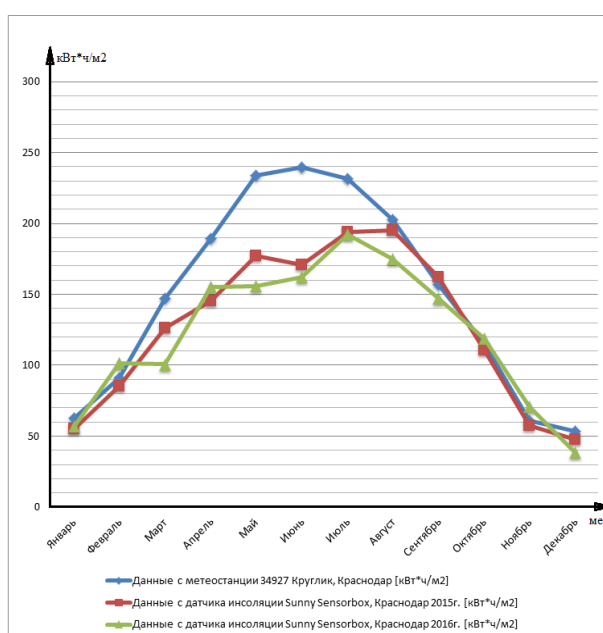


Рис. 3. Сравнительный анализ данных солнечной радиации в условиях метеостанции и реальной городской застройки

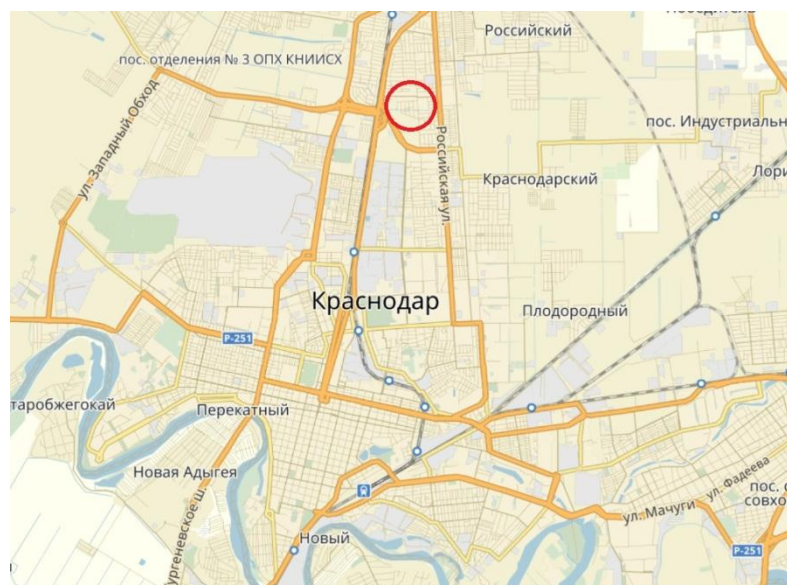


Рис. 4. Место расположения (отмечено красным кругом) датчика инсоляции Sunny Sensorbox от компании SMA Solar Technology AG на карте г. Краснодара

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП. 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-02-99*
2. Научно-прикладной справочник «Климат России». ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». <http://aisori.meteo.ru/ClspR>
3. Иванченко В.Т., Гражданкин А.А., Зайцев А.А. Пассивное энергосберегающее здание для Краснодарского края // Жилищное строительство. 2014. №11. С. 10–11.
4. Савин В.К. Строительная физика. Энергоэкономика. М.: Лазурь, 2011. 418 с.
5. Гусев Н.М. Основы строительной физики. М.: Стройиздат, 1975. 230 с.
6. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М.: Высшая школа, 1970 с.

Ivanchenko V.T., Grazhdankin A.A.**RECONCILIATION OF SOLAR CLIMATE OF KRASNODAR FOR EFFECTIVE WORK OF SOLAR BATTERIES IN RESIDENTIAL BUILDINGS**

The article describes the results of studies of solar climate Krasnodar and compares the data with the scientific and application guide "Climate of Russia"

Key words: *sunny climate, solar radiation, insolation, solar battery, the system of autonomous livelihood building.*

Иванченко Владимир Тихонович, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой архитектуры гражданских и промышленных зданий и сооружений
Кубанский государственный технологический университет
Адрес: Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2.
E-mail: vladimir.ivanchenko.1945@mail.ru

Гражданкин Артем Андреевич, аспирант кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий и сооружений
Кубанский государственный технологический университет
Адрес: Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2.
E-mail: grazhdankin.aa@mail.ru

Делова М.И., канд. техн. наук, доц.
Курский государственный университет

К РАСЧЕТУ ИЗГИБАЕМЫХ КЛЕЁНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПЕРВОЙ ГРУППЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

pgs@kursksu.ru

В данной статье приведены расчетные параметры клеёных деревянных элементов при изгибе в зависимости от сорта применяемых материалов при статической нагрузке. Дан анализ изменения напряженно-деформированного состояния клеёных деревянных элементов, работающих в условиях изгиба при наличии природных дефектов.

Ключевые слова: деревянные клееные конструкции, изгиб, прочность, напряжения, деформации, несущая способность, статическая нагрузка.

Прочностные и деформационные характеристики материалов определяют несущую способность строительных конструкций. Поведение КДК под нагрузкой сложный и неоднозначный процесс. Деревянные конструкции способны изменять свое напряженно-деформированное состояние во времени. Исследования напряженно-деформированного состояния конструкции является основным вопросом в изучении поведения конструкции под нагрузкой и позволяют совершенствовать методы расчета клеёных деревянных элементов с учетом изменения параметров, характеризующих процесс деформирования конструкции и распределение напряжений при эксплуатации.

В результате проведенных экспериментальных исследований характера распределения деформаций по высоте сечения клеёных деревянных балок в зоне действия максимального изгибающего момента для образцов двух серий $l_p/h = 16$, $l_p/h = 7,5$ (где h – высота сечения элемента, м; l_p – расчетный пролет элемента, м) установлено, что при напряжениях, не превышающих временных сопротивлений древесины каждый слой клеёной древесины по высоте сечения деформировался линейно. Несмотря на это распределение деформаций в клееном пакете носит нелинейный характер за счет разных механических свойств древесины в каждом слое [1, 2].

Как показывают теоретические исследования [3], для материалов с малой сдвиговой жесткостью, к которым относится и древесина, на характер распределения нормальных напряжений влияют два параметра: *геометрический* – соотношение h/l_p ; *физико-механический* – соотношение E/G (где E – модуль упругости материала при изгибе, МПа; G – модуль сдвига, МПа).

Максимальные нормальные напряжения с учетом неравномерности их распределения по высоте сечения можно определить по формуле [1]:

$$\sigma^{\pm} = \sigma \cdot (1 \pm m) \quad (1)$$

где $m = \beta^2 / 5$ – коэффициент неравномерности распределения нормальных напряжений по высоте элемента; $\beta = (\pi h / 2 l_p) \cdot \sqrt{E/G}$ – параметр анизотропии; $\sigma^{\pm}$ – напряжение в крайнем растя-

нутом (+) и крайнем сжатом (–) волокне балки, МПа; σ – напряжение, вычисляемое по формуле сопротивления материалов для изгибаемых элементов, МПа.

Древесина является анизотропным материалом, для которого отношение модуля упругости к модулю сдвига составляет переменную величину [1]. Эти особенности не нашли отражения в существующих нормах проектирования деревянных конструкций в расчетах по первой и второй группам предельных состояний [5]. Так, при определении прогиба согласно [5] отношение E/G принимается равным 20.

Согласно проведенных исследований [4] установлено, что при изменении сортности древесины, отношение модуля упругости к модулю сдвига изменяется. При увеличении относительных размеров пороков строения древесины E при статическом изгибе снижается за счёт ослабления рабочей части сечения клеёного элемента. Величина модуля сдвига G клеёной древесины при изгибе зависит от вида и размеров пороков, а так же от их расположения относительно плоскости скалывания. Сучки, пересекающие плоскость скалывания, действуют как нагели, повышая модуль сдвига. В то же время наличие в плоскости скалывания трещин, наклона волокон – снижает G . Это подтвердили кратковременные статические испытания клеёных деревянных балок на изгиб с отношением $l_p/h = 15$ выполненных из древесины I, II и III сортов [4].

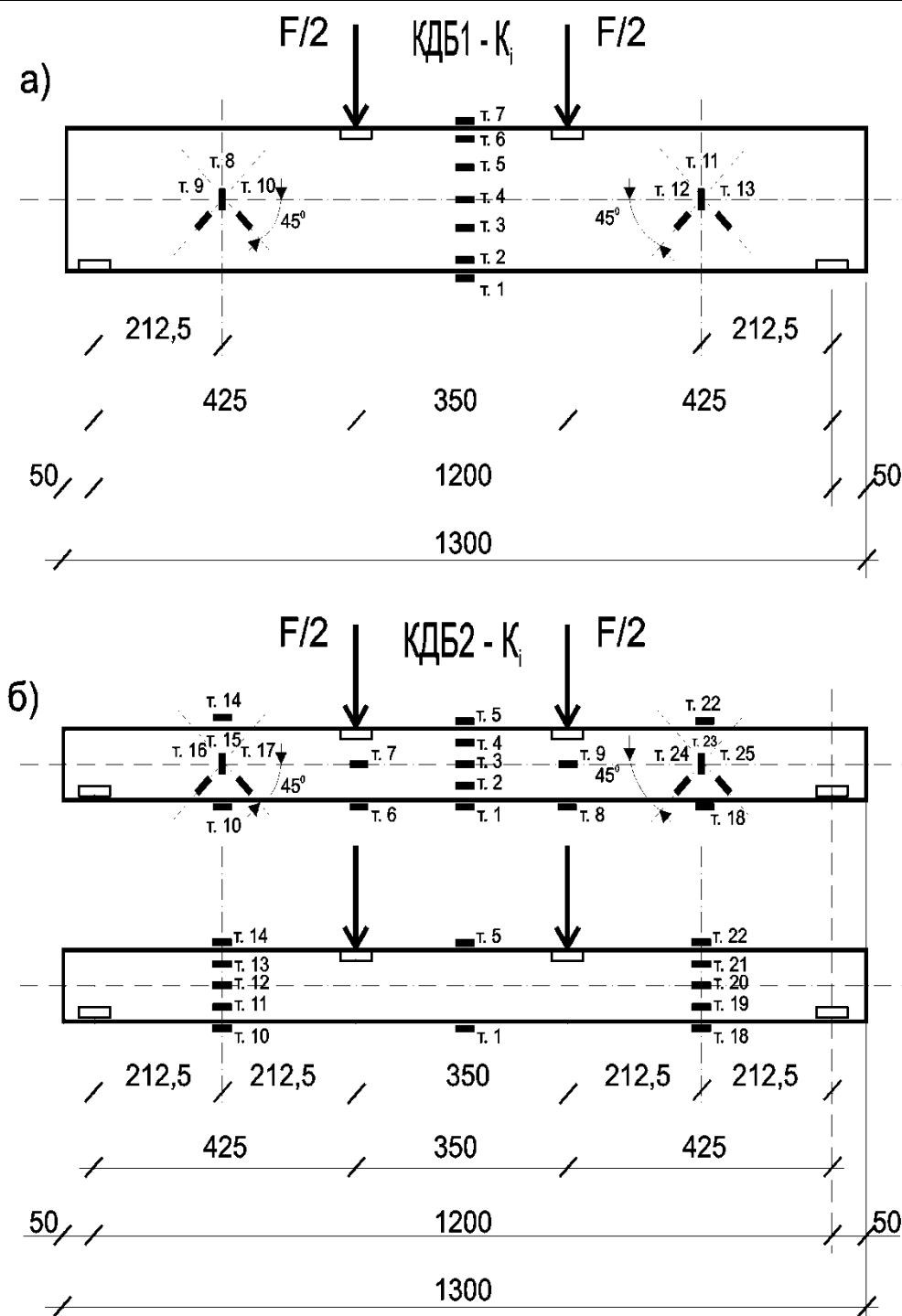


Рис. 1. Образцы клеенодеревянных балок
а – балки серии КДБ1-К1; б – балки серии КДБ2-К1

Таблица 1

Кратковременные испытания изгибаемых элементов из клеёной древесины разных сортов

№	Сорт элементов из клееной древесины	Статистическая обработка			
		Среднее арифметическое значение временного сопротивления R_{ti} , МПа	Средне квадратичное отклонение, МПа	Коэффициент вариации, %	Показатель точности, %
1	I сорт	57,322	4,311	7,521	3,070
2	II сорт	47,400	4,895	10,326	3,903
3	III сорт	36,760	3,544	9,641	3,213

Средние значения модуля упругости E и модуля сдвига G для изгибаемых элементов из кле-

ёной древесины I, II и III сортов приведены в таблице 2.

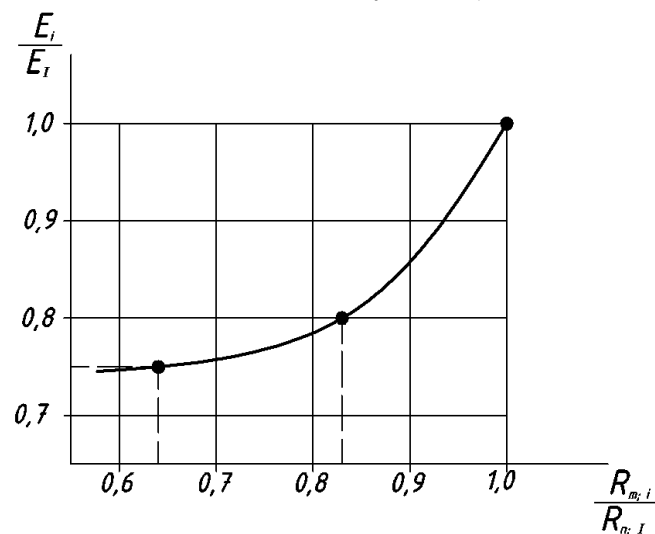
Таблица 2

Средние значения модуля упругости и модуля сдвига опытных элементов при статическом изгибе кратковременной нагрузкой

№	Показатели	Сорт пиломатериалов		
		I	II	III
1	Модуль упругости E , МПа	12986	10364	9637
2	Модуль сдвига G , МПа	541	535	563
3	E/G	24	19,37	17,12
4	β	0,513	0,461	0,433
5	m	0,053	0,043	0,037

Проведенный анализ исследований [1,4] позволил установить зависимости изменения модуля упругости и модуля сдвига от качества пиломате-

риалов и прочности изгибаемых клеёных деревянных элементов в относительных координатах (рисунк 2, 3).

Рис. 2. Зависимость отношения E_i/E_I от прочности клеёных деревянных элементов:

E_i – модуль упругости для I, II и III сортов древесины; E_I – модуль упругости для I сорта древесины;
 $R_{m,i}$ – прочность клеёных деревянных элементов из пиломатериалов I, II и III сортов древесины при изгибе;
 $R_{n,I}$ – прочность клеёных деревянных элементов из пиломатериалов I сорта древесины при изгибе

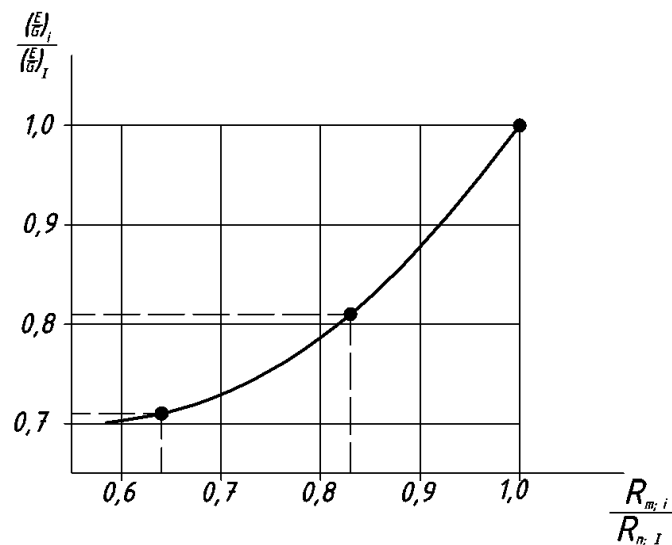


Рис. 3. Зависимость отношения $(E/G)_i/(E/G)_I$ от прочности клеёных деревянных элементов: $(E/G)_i$ – отношение модуля упругости от модуля сдвига для I, II и III сортов древесины; $(E/G)_I$ – отношение модуля упругости от модуля сдвига для I сорта древесины; $R_{m,i}$ – прочность клеёных деревянных элементов из пиломатериалов I, II и III сортов древесины при изгибе; $R_{n,I}$ – прочность клеёных деревянных элементов из пиломатериалов I сорта древесины при изгибе

Применение пиломатериалов II, III сорта в клеёном пакете изгибаемых конструкций снижает показатель коэффициента неравномерности распределения нормальных напряжений по высоте элемента m на 18,87 % и 30,19 %, соответственно.

Выводы:

Экспериментальные исследования показали при расчете клеёных деревянных конструкций работающих на изгиб по первой группе предельных состояний необходимо учитывать изменение коэффициента неравномерности распределения напряжений по высоте сечения клеёного пакета m в зависимости от сорта применяемых пиломатериалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Делова М.И. Деформирование изгибаемых клеёных деревянных элементов при стати-

ческом нагружении: Автореф. дис. ... канд. техн. наук (05.23.01). Белгород.: БелГТАСМ, 2001. 19 с.

2. Делова М.И. Оценка напряжений и предельные условия прочности клеёных деревянных конструкций // Строительство и реконструкция. Известия ОрелГТУ. 2009. № 4/24. С. 11–14.

3. Родионова В.А., Титаев Б.Ф., Черных К.Ф. Прикладная теория анизотропных пластин и оболочек. С.-Петербург. ун-т. СПб., 1996. 280 с.

4. Поветкин С.В. Выносливость клеёных деревянных элементов при изгибе: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Воронеж: ВИСИ, 1988. 21 с.

5. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. М.: Росстандарт, 2011. 92 с.

Delova M.I.

CALCULATION OF BENDING LAMINATED WOOD CONSTRUCTIONS ON THE FIRST GROUP OF LIMITING STATES

Settlement parameters glued wooden elements are resulted at a bend depending on a grade of applied materials at static loading. The analysis of change of the is intense-deformed condition glued the wooden elements working in the conditions of a bend in the presence of natural defects is given.

Key words: *wooden glued constructions, bend, strength, stresses, deformation, load bearing capacity, static load.*

Делова Маргарита Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства.

Курский государственный университет

Адрес: Россия, 305000, Курск, ул. Радищева, д. 33

E-mail: pgs@kursksu.ru

*Обернихин Д.В., ассистент,
Никулин А.И., канд. техн. наук, доц.*
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАТИВНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ

pinky2601@mail.ru

Приведены результаты выполненных экспериментальных исследований деформативности железобетонных балок прямоугольного, трапецевидного и таврового поперечных сечений. Представлены основные характеристики исследуемых железобетонных балок. Выполнен сравнительный анализ полученных результатов. Сделаны выводы о различных деформативных свойствах железобетонных балок рассматриваемых поперечных сечений.

Ключевые слова: деформативность, трапецевидное сечение, прогиб, тавровое сечение, прямоугольное сечение, изгибаемый железобетонный элемент.

Для оценки влияния формы поперечного сечения на деформативность изгибаемых железобетонных элементов авторами были разработаны необходимые методики и алгоритмы, позволившие выполнить соответствующие численные исследования [1, 2, 3]. С целью апробирования разработанных методик авторами были проведены эксперименты [4] на специально выполненных железобетонных образцах. Было изготовлено 12 балок различных поперечных очертаний: 3 балки прямоугольного (БП), 3 балки таврового (БТ) и по 3 балки трапецевидного сечения с широкой верхней (БТВ) и нижней (БТН) гранями (рис. 1). Размеры поперечных сечений образцов были приняты такими, чтобы объем бетона в балках трапецевидного сечения оказался на 25 % меньше, чем в обычных балках серии БП.

Бетонирование балок одного вида происходило за один замес бетонной смеси. Из каждого замеса было также изготовлено по 4 контрольных образца-куба с размерами граней по 100 мм. Испытания контрольных образцов показали, что всем балкам соответствует бетон класса В22,5. Геометрические размеры и схема армирования балок приведены на рис. 1. В качестве нижней рабочей арматуры использована арматура диаметром 12 мм класса А500, верхняя продольная арматура диаметром 8 мм класса А400, поперечные стержни – диаметром 5 мм класса Вр500. Арматура подбиралась таким образом, чтобы коэффициент армирования для балок прямоугольного сечения составлял $\approx 1\%$. Толщина защитного слоя бетона для верхней и нижней арматуры принята 20 мм.

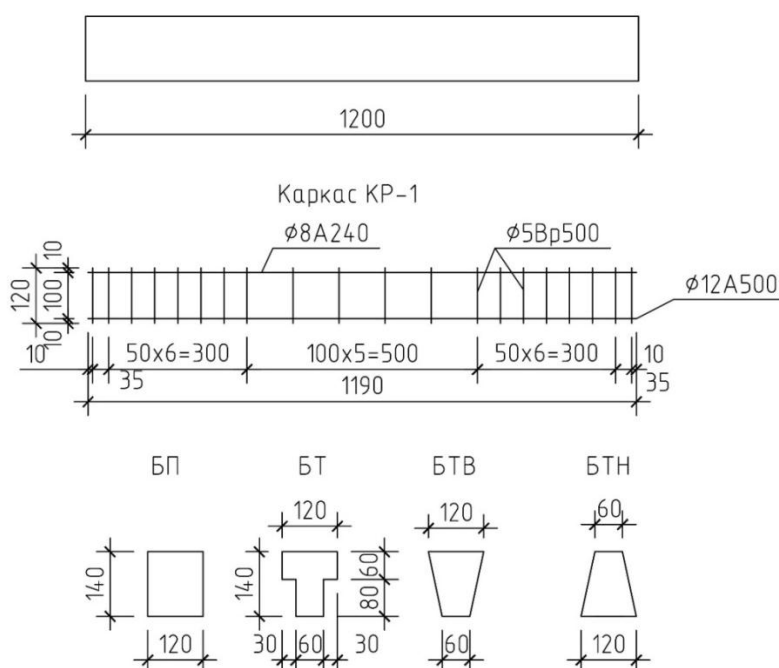


Рис. 1. Геометрические размеры и схема армирования балок БП, БТ, БТВ и БТН

Для проведения экспериментальных исследований была использована универсальная испытательная установка, описанная в работе [4].

Её основу составляет испытательный стенд, представленный в работе [5], с небольшими доработками конструкции (рис. 2).

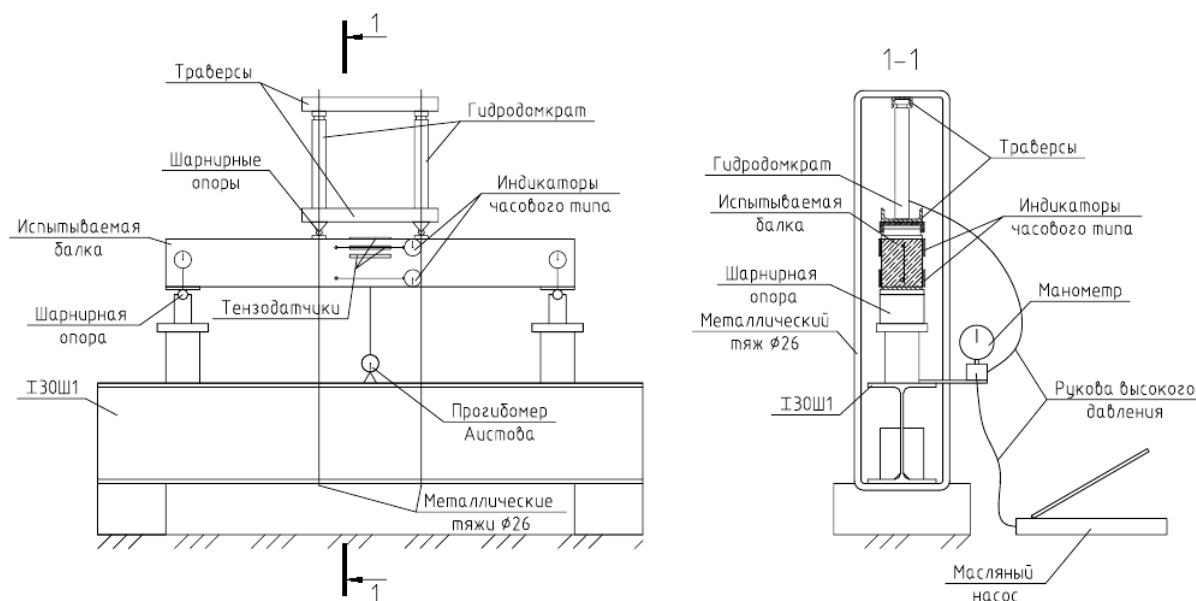


Рис. 2. Схема универсальной испытательной установки с установленной железобетонной балкой и измерительными приборами

В качестве силовых элементов использовались гидравлические 15-ти тонные домкраты. Для определения прогибов на испытательной установке в середине пролета балки был предусмотрен прогибомер Аустоба. С целью контроля за податливостью опорных участков балок устанавливались индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Передача усилий от домкратов на балку происходила через стальные тяжи диаметром 26 мм. Для контроля равномерности приложения нагрузки на тяжи были установлены тензодатчики. Контроль за величиной нагрузки осуществлялся манометром высокой

точности. Общий вид испытательной установки приведен на рис. 3.

Нагрузка к каждой опытной балке прикладывалась ступенями с шагом не более 10 % от расчетной разрушающей нагрузки. На каждой ступени нагрузка выдерживалась 10 минут. Также необходимо отметить, что при определении величины нагрузки учитывался собственный вес балок. В начале и в конце каждой ступени производилась запись показаний прогибомера и индикаторов часового типа, закрепленных на опорах.



Рис. 3. Испытательная установка с установленным образцом

Результаты, полученные в ходе проведения экспериментальных исследований рассматрива-

емых образцов, приведены в табл. 1

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований железобетонных балок

Вид опытной балки	№ образца	Прогиб балки (мм) при нагрузке (кН)			Средний прогиб балки (мм) при нагрузке (кН)		
		16	24	32	16	24	32
Прямоугольное сечение (серия БП)	1	1,76	3,17	4,58	1,76	3,23	4,91
	2	1,77	2,78	4,59			
	3	1,76	3,73	5,55			
Тавровое сечение (серия БТ)	1	2,11	3,00	5,80	2,09	3,46	5,57
	2	2,18	3,83	5,86			
	3	1,99	3,55	5,05			
Трапецевидное сечение с верхней широкой гранью (серия БТВ)	1	1,83	3,20	4,60	2,19	3,66	5,17
	2	2,15	3,40	4,96			
	3	2,59	4,39	5,94			
Трапецевидное сечение с нижней широкой гранью (серия БТН)	1	2,38	4,07	6,25	2,41	4,01	6,05
	2	2,46	4,16	6,15			
	3	2,38	3,80	5,76			

На основании результатов, представленных в табл. 1, можно сделать следующие выводы:

- при фиксированных нагрузках 16,0 кН, 24,0 кН и 32,0 кН прогибы трапецевидных балок серии БТВ по сравнению с образцами прямоугольного сечения оказались больше, соответственно, на 24,43 %, 13,31 % и 5,1 %. Прогибы у балок серии БТН при тех же фиксированных нагрузках увеличились, соответственно, на 36,93 %, 24,14 % и 23,46 % по отношению к эталонным образцам прямоугольного сечения, что объясняется более ранним началом процесса трещинообразования в растянутой зоне бетона балок трапецевидного сечения с нижней широкой гранью;

- величины прогибов у балок серии БТ при нагрузках 16 кН, 24 кН и 32 кН оказалась больше, чем у эталонных балок прямоугольного сечения БП на 18,75 %, 7,12 % и 13,44 %, соответственно;

- при нагрузках 16 кН и 24 кН прогибы балок серии БТВ на 4,63 % и 5,87 % выше, чем у балок таврового сечения (БТ). При дальнейшем увеличении нагрузки динамика роста прогибов балок серии БТВ становится существенно меньше, чем у балок серии БТ, и уже при нагрузке 32 кН среднее значение прогибов у трапецевидных балок серии БТВ становится меньше на 7,74 %, чем у балок серии БТ. Это обуславливается тем, что при нагружении балок серии БТВ процесс образования в их растянутой зоне новых трещин достаточно быстро затухает, и при дальнейшем увеличении нагрузки происходит увеличение высоты и ширины раскрытия

существующих трещин. При нагружении балок серии БТ процесс образования в них новых трещин затухает намного позже, что приводит к образованию существенно большего количества новых трещин на поздних стадиях нагружения и, соответственно, к повышенным прогибам по сравнению с балками других серий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никулин А.И., Обернихин Д.В. Деформативность изгибаемых железобетонных элементов трапецевидного сечения с трещинами в растянутой зоне // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 88–93.

2. Никулин А.И., Обернихин Д.В., Никулина Ю.А. Предельная прочность изгибаемых железобетонных элементов на основе применения энергетического критерия разрушения бетона // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы международных академических чтений. Курск: Изд-во Курск. гос. ун-та, 2014. С. 98–107.

3. Никулин А.И. К уточнению величин предельных относительных деформаций бетона в сжатой зоне изгибаемых железобетонных элементов // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 12–15.

4. Обернихин Д.В., Никулин А.И. Экспериментальные исследования прочности, трещиностойкости и деформативности железобетонных балок трапецевидного и прямоугольного поперечных сечений // Инновационная наука. 2016. № 8–2. С. 73–77.

5. Крючков А.А. Деформативность сборно-

монолитных стержневых конструкций: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Крючков Ан-

дрей Александрович; БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2006. 21 с.

Nikulin A.I., Obernihin D.V.

THE EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE DEFORMABILITY OF THE BENDING REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH THE VARIOUS CROSS SECTIONS

The results of the carried out experimental researches of the deformability reinforced concrete beams with the rectangular, trapezoidal and T-section cross sections are shown. The main characteristics of the investigated reinforced concrete beams are presented. A comparative analysis of the results is performed. The conclusions about the various deformative properties of the reinforced concrete beams of the considered cross-sections are made.

Key words: deformability, trapezoidal section, deflection, T-section, rectangular section, bending reinforced concrete element.

Обернихин Дмитрий Вячеславович, ассистент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: pinky2601@mail.ru

Никулин Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: nikulin137@yandex.ru

DOI: 10.12737/article_58e61337bd4f67.22808324

Рудакова О.Н., аспирант
Академия архитектуры и искусств
Южного федерального университета, Ростов-на-Дону

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОСВОЕНИЕ БЕРЕГОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ, КАК КОНТАКТНЫХ ЗОН УРБАНИЗИРОВАННОГО И ПРИРОДНОГО ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ПРИДНЕСТРОВСКОГО ПРИРЕЧЬЯ)

rudakova65@mail.ru

В статье изложены проблемы функционального зонирования приречных территорий, рассмотренные в современных теоретических исследованиях. Определены территориальные границы «воздействия» акватории на структуру застройки городских и сельских населенных пунктов; дана характеристика функционального освоения береговых территорий Приднестровья с выделением трех видов функционального зонирования – укрупненного (районного масштаба), ограниченного (в границах населенного пункта) и локального (в пределах небольшого участка, локализованной зоны). Выявлена система «чередующихся» обобщенных функционально-пространственных зон прибрежной территории Приднестровской молдавской республики. Описаны формы устойчивой взаимосвязи урбанизированного и природного ландшафтов с учетом функций и выделением условных схем: «застройка → контактная зона → река»; предложены возможные варианты «контактных зон» застройки с акваторией, способствующие ее устойчивому развитию.

Ключевые слова: функциональное освоение, контактная зона, устойчивая взаимосвязь зонирование укрупненное, ограниченное и локальное.

Исторически населенные пункты Приднестровья, расположенные на приречной территории, были функционально связаны с рекой. Днестр являлся торгово-транспортной артерией, а его побережье – зоной притяжения для торговли, постепенно обустрояясь базарными площадями, паромными переправами, причалами и пристанями, жильем, производством. Река использовалась как коммуникация, источник питания и водоснабжения (рис. 1).

Актуальность исследования. В настоящее время, благодаря современным потребностям населения Приднестровской Молдавской Рес-

публики (далее ПМР), функциональное назначение приречных территорий заметно изменилось – произошла замена некоторых старых функций новыми, расширился их диапазон. Возникла необходимость «пересмотра» функционального назначения приречных зон Днестра, оценки их состояния, применения новых функций с выделением схем взаимодействия «застройка – река», где береговые территории все больше приобретают единую функцию «контактной зоны» урбанизированного и природного ландшафтов.



Рис. 1. Функциональное использование приречных территорий реки Днестр в конце XIX – начале XX веков

В данной работе под функциональным освоением береговых территорий понимается разграничение побережья на зоны по функциональному признаку (в границах района, города или отдельного участка населенного пункта) для дальнейшей рациональной организации и использования приречной территории как зоны согласованности и взаимодействия реки и урбанизированного пространства. Функциональное зонирование приднестровского побережья определяется исходя из существующей различного назначения застройки и ее перспективного формирования.

Прибрежные территории, подлежащие зонированию, различны в масштабном отношении (от районов до фрагментарных участков), поэтому номенклатура функциональных зон для каждой рассматриваемой территории определяется индивидуально, с учетом оптимального использования [1]. Как правило, вся населенная территория подразделяется на две крупные функциональные зоны – *селитебную и внеселитебную* [2]. В научных исследованиях также рассматривается зонирование городских территорий с выделением базовых функций: промышленных, жилых, общественных и рекреационных (различного типа зон отдыха), относящиеся к приречной территории крупных городов [3]. Хотя в 30-х годах прошлого века авторами «Афинской хартии» была предложена жесткая схема функциональной организации и назначения городской территории – работа, жилье, отдых и движение человека [4] – эта упрощенная «формула» («труд – быт – отдых») так и не прижилась в современной практике градостроительства. Сегодня составляющие «формулы» носят более расширенный смысл, хотя суть осталась прежней [1, 5, 6].

Прибрежную полосу городских и сельских населенных пунктов по местоположению в планировочной структуре города или села различают как *центральную, срединную и периферийную* зоны [3, 6, 8] и рассматривают как контактную (буферную) территорию урбанизированного и природного ландшафтов [7, 8, 9]. Центральная часть любого населенного пункта – сосредоточие активной жизнедеятельности населения, сконцентрированная зона выполнения социальных функций [6]. Центральные прибрежные территории представлены, главным образом, благоустроенными зонами городских набережных, выполняющих берегоукрепительную, социально-общественную, эстетическую и рекреационно-экологическую функции [10]. В исследова-

ниях также поднимался вопрос о многофункциональности территорий и ландшафтов, о взаимосвязи между собой зон и качественной организации рекреационных мест [11].

Целью данного исследования является анализ современных функциональных зон приречных территорий реки Днестр (районного, градостроительного, зонального (фрагментарного) характера) и выявление перспективных «контактных областей» урбанизированного и природного ландшафтов, формирующих систему отношений: «застройка → контактная зона → река», как инструментальной базы для последующего проектного моделирования.

Материалами исследования послужили: фотофиксация фрагментов прибрежных территорий, натурные исследования, картографические и топографические сведения, схемы и т. д.

Территориальной областью исследования служат городские, поселковые и межселенные пойменные территории реки Днестр в пределах ПМР, состоящие из трех зон (вглубь от уреза воды): 1) *контактной* – до 200 м (водоохранная зона, находящаяся в непосредственном контакте с водной акваторией); 2) *основной застройки* – 200–500 м (формирует береговой фасад – композиционные составляющие); 3) *фоновой* – 500–1000 м (характерна для северной части региона, фоном служат возвышенности). Для равнинных населенных мест южной части региона рассматриваются две зоны – *контактная и основная застройки* (рис. 2 а).

По длине (вдоль водной артерии) прибрежные территории городских и сельских населенных пунктов ПМР делятся по принятому в научных исследованиях зонированию – на *центральную, срединную и периферийную* зоны (рис. 2 б). Исследование функционального освоения прибрежной территории проводится по принципу – «от общего к частному»: функциональный анализ территориальный (по районам) → градостроительный (выборочный, населенных пунктов – городов и сел ПМР) → зональный (или фрагментарный) (исследование небольших значимых участков в пределах зоны). Исходя из этого, рассмотрим три вида **функционального зонирования** прибрежной территории: а) *укрупненное* (республиканского или районного масштаба); б) *ограниченное* (в границах населенного пункта); в) *локальное* (в пределах локализованной зоны (небольшого участка), например, набережной, парковой зоны и т. д.).

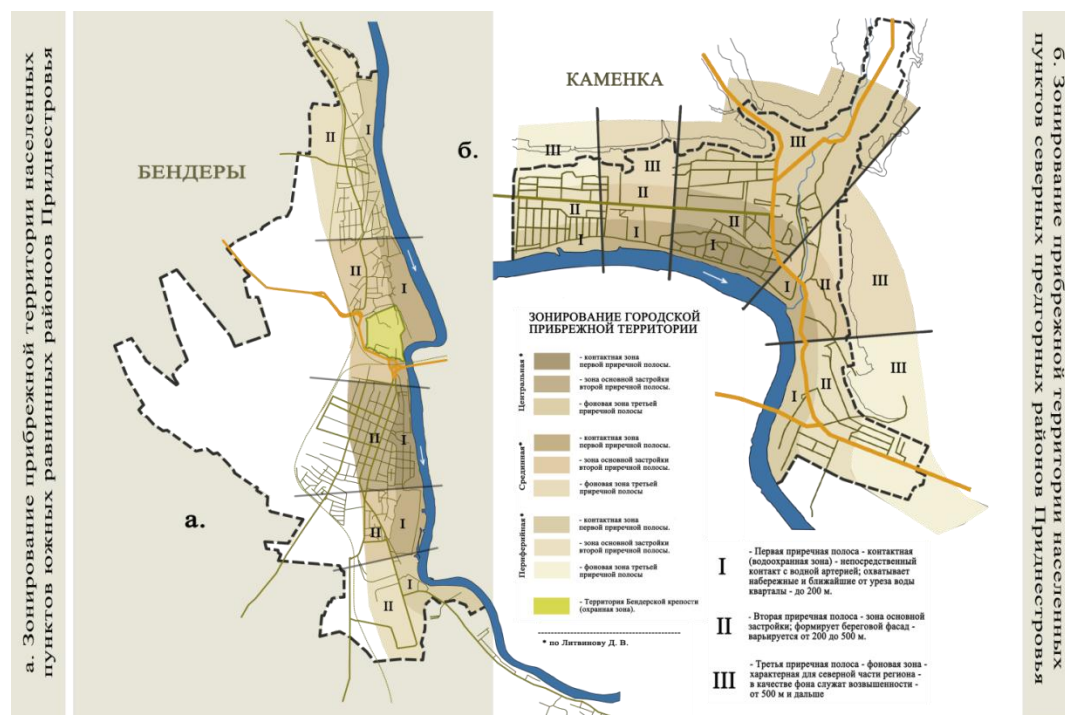


Рис. 2. Зонирование прибрежной территории городов южных (а) и северных районов (б) Приднестровья (на примере г. Бендеры и г. Каменка)

Прибрежные территории Приднестровья представляют собой вытянутую вдоль реки Днестр линейную систему чередующихся природных и урбанизированных образований, в которой выделяются следующие обобщенные функционально-пространственные зоны прибрежной территории ПМР, характерные для **укрупненного функционального зонирования**:

1) **селитебные** – жилые образования (городские, сельские и дачные населенные пункты); 2) **архитектурно-ландшафтного и исторического наследия** включают ансамбли и отдельные памятники архитектуры, истории и археологии с прилегающей охранной территорией (Бендерская крепость; архитектурно-ландшафтный ансамбль - «башня ветров», «беседка графини Э. П. Трубецкой», виноградные террасы фельдмаршала П. Х. Витгенштейна в Строенцах и др.); 3) **санаторно-курортные** – санатории, лагеря, дома отдыха, профилактории с прилегающей рекреационной и пляжной территорией (санаторий «Днестр» с парковой зоной и пляжем в г. Каменка; летние лагеря, дома и базы отдыха в с. Меренешты и Кицканском лесу и т. д.); 4) **промышленные** – территории промпредприятий (комбинатов, фабрик, заводов, малых производств), гидрологических сооружений с охранной зоной (Дубоссарская ГЭС) – сосредоточены на периферийных территориях городов Приднестровья; карьеры по добыче сырья для производства стройматериалов – на межселенных территориях; 5) **транспортно-**

коммуникативные – территории Бендерского и Рыбницкого портов, паромных переправ; мосты, автотрассы и т. д.; 6) **коммунально-хозяйственные** – территории водозаборных и очистных сооружений с охранной зоной, кладбищ и др.; 7) **ландшафтно-рекреационные**: в населенных пунктах – организованные озелененные территории кратковременного пребывания (прибрежные парки, скверы, набережные); на межселенных участках – открытые места отдыха, площадки для палаточных лагерей с прилегающей территорией и др.; дикие природные образования (заповедники, пойменные луга, леса, урочища); 8) **сельскохозяйственные** – повсеместно распространенные на межселенных территориях – сельхозугодья, сады, виноградники, питомники, искусственные посадки деревьев и т. д.; 9) **неудобные и неблагоприятные** – территории, подверженные эрозии, низкопойменные затопляемые, оползневые; 10) **резервные** – для дальнейшего развития городской и сельской инфраструктуры (рис. 3).

Укрупненное функциональное зонирование речного побережья носит обобщенный характер. Оно необходимо для определения основных направлений развития того или иного района и приоритетного направления при формировании застройки прибрежных территорий; позволяет выявить концентрацию, равномерность или неравномерность распределения функций, зоны активного освоения (чем крупнее город, тем выше активность) (рис. 3).

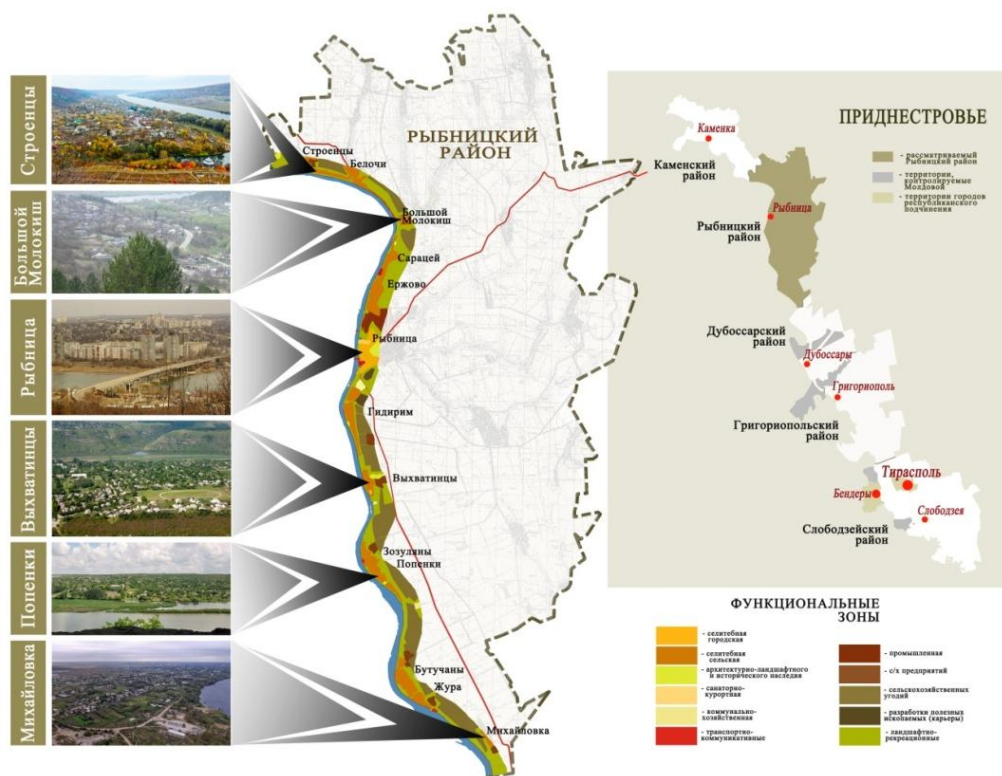


Рис. 3. Укрупненное функциональное зонирование (на примере Рыбницкого района)

Ограниченное функциональное зонирование прибрежной территории – это зонирование в пределах города или другого населенного пункта. Такое зонирование в большей степени зависит от наличия и расположения жилых, общественных, промышленных и других объектов в планировочной структуре прибрежной застройки приднестровских населенных мест. Можно выделить следующие зоны: 1) *жилой застройки*, в том числе: малоэтажной частного сектора, среднеэтажной – характерных для всех населенных пунктов Приднестровья; многоэтажной, высотной – для больших городов; 2) *административные*, включающие государственные административные объекты, как правило, занимающие главенствующее положение в центральном ядре городской и поселковой структуры с ориентацией на реку (в г. Бендеры, г. Тирасполь, с. Выхватинцы и т. д.); 3) *образовательных учреждений* (дошкольных, школьных, специализированных, высших), которые тяготеют к центральной части малых населенных пунктов или центров больших и средних городов; попадают в поле восприятия речного фасада (в г. Тирасполь, г. Рыбница, с. Строенцы, с. Ерево, с. Попенки, с. Выхватинцы); 4) *санаторно-медицинские*, включающие здания и территории медицинских учреждений эпизодического характера, располагающиеся в центральной части сельских населенных пунктов и длительного пребывания – на периферийных (в г. Каменка, с. Меренешты, г. Рыбница и т. д.); 5) *культурно-*

досуговых и просветительских учреждений: на открытом визуальном пространстве для кругового обзора, располагаются в центральной части населенных пунктов с раскрытием в сторону реки (сельские клубы и Дома культуры – в г. Григориополь, с. Строенцы, с. Гидирим, с. Выхватинцы); 6) *торговые, торгово-развлекательные и общественного питания* (территории с объектами кафе, магазинов, рынков и др.) – с ориентиром на водную артерию (в г. Рыбница, с. Строенцы, г. Дубоссары); 7) *спортивные* – водных видов спорта и плоскостные открытые площадки, вблизи береговой линии на затопляемых пойменных территориях; закрытые сооружения – на визуально открытых участках, в центральной или периферийной части населенного пункта; 8) *охранные зоны* историко-культурного наследия и культовых сооружений (церкви, костелы, монастыри), (в г. Тирасполь, г. Бендеры, г. Григориополь, с. Рашково, с. Выхватинцы, с. Строенцы); 9) *мемориальные* – на прибрежной территории, чаще – в рекреационно-парковых зонах (г. Тирасполь, г. Бендеры, с. Гидирим); 10) *благоустроенные городские набережные* – как буферные территории (во всех больших городах Приднестровья); 11) *промышленная зона* – на периферийных или межселенных территориях (в г. Рыбница, г. Бендеры, с. Делакеу); 12) *коммуникативно-транспортные* – в центральной или периферийной части населенного пункта, на набережных и прибрежных территориях (во всех городах); 13)

рекреационно-парковые – расположены повсеместно, играют связующую («река-застройка»),

социальную, экологическую и эстетическую роль (рис. 4).

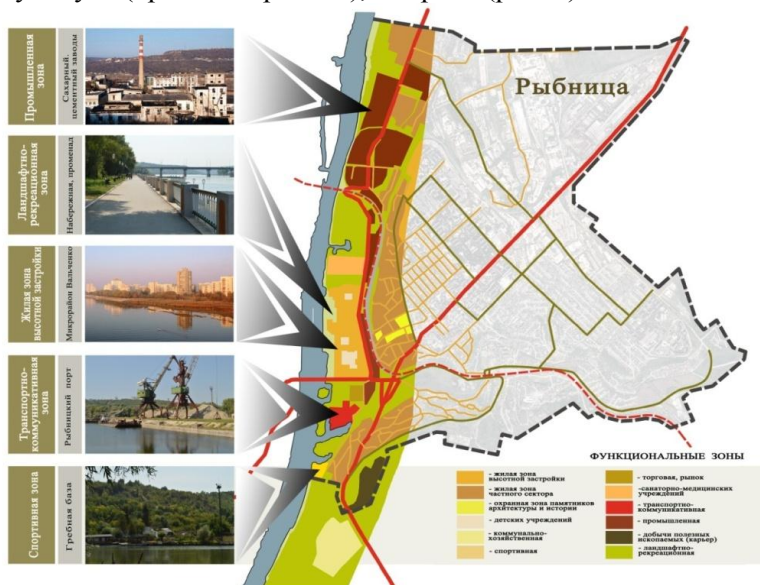


Рис. 4. Ограниченное функциональное зонирование в пределах населенного пункта (на примере г. Рыбница (ПМР))

Ограниченное зонирование позволяет выделить функциональные зоны в пределах населенного пункта для выявления свободных участков и дальнейшего рационального использования прибрежной территории (рис. 4).

Локальное функциональное зонирование предполагает определение функциональных зон в пределах небольшого участка «ограниченного зонирования», например, набережной, пляжной зоны, жилой и т. д. с выделением подзон: тихого

и активного отдыха, общественных мероприятий, детской игровой (разновозрастная), спортивной, прогулочной (променада) и т. д. Данное зонирование необходимо для рациональной организации средового пространства с последующим благоустройством территории, размещением оборудования для комфортного отдыха и времяпровождения разновозрастного контингента населения (рис. 5).

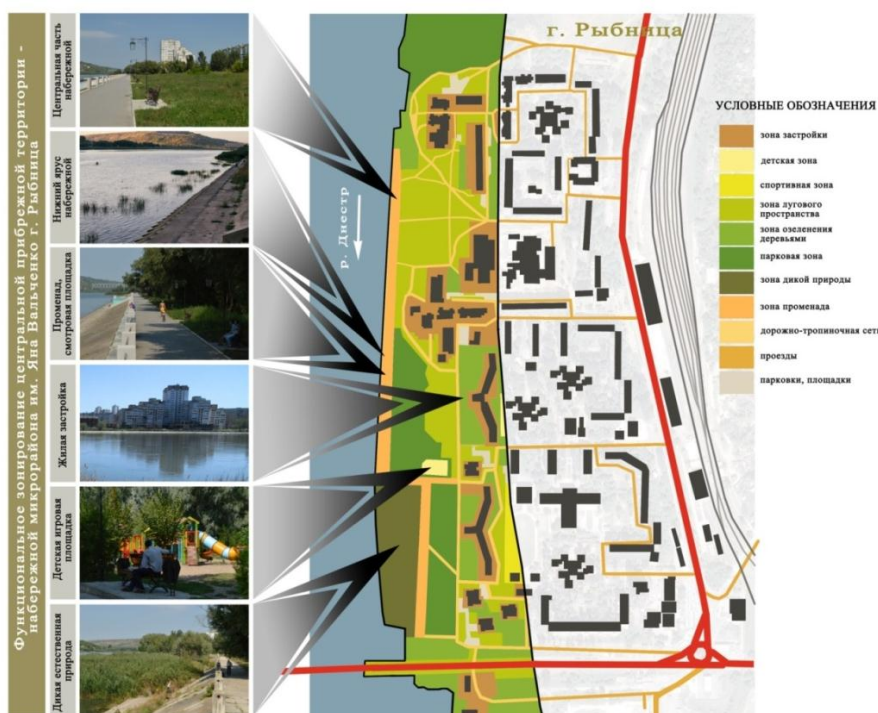


Рис. 5. Локальное функциональное зонирование (на примере прибрежной территории центральной части г. Рыбница - набережная микрорайона им. Я. Вальченко)

Выводы. Рассмотренное на разных уровнях (районном, градостроительном и зональном)

современное функциональное зонирование прибрежных территорий Приднестровского региона позволило выявить следующее:

- распределение **селительных зон** представлено достаточно равномерно, однако характер жилой застройки не способствует формированию узнаваемых «контактных зон» и речных фасадов;

- **общественные зоны** сельских поселений имеют большей частью стандартный набор общественных зданий в центральной части, не формируют активных функциональных и визуальных связей с рекой;

- во всех населенных пунктах имеются памятные **историко-мемориальные зоны**, повсеместно по побережью распространены значимые видовые точки, имевшие стратегическое значение в военные годы (плацдармы, сопки, курганы) и которые в настоящее время играют активную роль в функциональном освоении приречных территорий, как смотровые площадки для обзора местности и акценты визуального восприятия речного фасада с водной артерии;

- система узловых пунктов приречных зон с примитивной организацией берегового пространства для осуществления **коммуникативных функций** (пристани и причалы) в данный момент большей частью находится в заброшенном состоянии;

- природный компонент акватории не используется в полной мере как потенциал для организации и развития **рекреационных зон отдыха** и туризма, и служит в основном традиционным источником питания – рыбной ловли и т. д.

- в то же время выявленная в исследовании система «чередующихся» обобщенных функционально-пространственных зон прибрежной территории Приднестровья может быть преобразована в формы устойчивой взаимосвязи («контакта») урбанизированного и природного ландшафтов и изображена в виде перспективных логических схем такого взаимодействия, например:

- объект культурного наследия (видовая точка, доминанта) → визуальный контакт → река;

- санаторий → пляж (развлекательная контактная зона) → река;

- рыболовство → берег (рекреационная, туристическая контактная зона) → река;

- рыбоводство (непосредственный контакт) → река;

- виноделие ← полив (коммунально-хозяйственная контактная зона) ← река;

Увеличение видов функций и установление устойчивой взаимосвязи урбанизированного и природного ландшафтов как вариантов «контактных зон» застройки с акваторией может определять в дальнейшем арсенал методических средств и стратегию возможной будущей реконструкции приречных территорий, способствовать развитию Приднестровского региона в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдоткин Л.Н., Лежава И.Г., Смоляр И.М. Градостроительное проектирование. М.: Стройиздат, 1989. 432 с.

2. Иодо И.А., Потаев Г.А. Основы градостроительства и территориальной планировки. Мн.: «УниверсалПресс», 2003. 216 с.

3. Литвинов Д. В. Принципы функциональной организации прибрежной территории крупных городов Поволжья // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. № 4. С. 21–23

4. Ле Корбюзье. Три формы расселения. Афинская Хартия. Пер с франц. Ж. Розенбаума. М.: Стройиздат, 1976. 136 с.

5. Гутнов А.Э., Глазычев В. Л. Мир архитектуры. Лицо города. М.: Молодая гвардия, 1990. 350 с.

6. Хасиева С. А. Архитектура городской среды. М.: Стройиздат, 2001. 200 с.

7. Садковская О. Е. Архитектурно-планировочная организация ландшафтов зарегулированных рек малых и средних городов юга России // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Политематическая сер. 2010. Вып. 1 (10). 7 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=370> (февраль, 2010).

8. Рождественская Е. С. Принципы включения архитектурного объекта в среду (на примере контактных зон городов): дис... канд. архитектуры. Н. Новгород, 2007.

9. Рудакова О. Н. Теоретический подход к архитектурно-пространственному моделированию контактной зоны «река-город» // Инженерный вестник Дона. 2016. № 4. [Электронный ресурс]. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3922

10. Денисов М. Ф. Набережные: архитектору-проектировщику. М.: Стройиздат, 1982. 148 с.

11. Robert MacFarlane. Multi-functional landscapes: conceptual and planning issues for the countryside / Landscape and sustainability. Second Edition. Edited by John F. Benson and Maggie Roe - London and New York: 2007. P. 138–166.

Rudakova O.N.**FUNCTIONAL FAMILIARIZATION OF COASTAL AREAS
AS CONTACT ZONES OF URBAN AND NATURAL LANDSCAPES
(ON THE EXAMPLE OF PREDNESTROVIE RIVERINE AREA)**

The problems of riverine areas functional division, which is considering in modern theoretical studies are laid down in the article. Territorial boundaries of the water area "impact" to the urban and rural settlements structure are identified. The characteristic of functional familiarization of the Pridnestrovie coastal areas is given with the identification of three types of functional division - enlarged (district scale), limited (within the boundaries of an urban locality) and local (within a small site, a local zone). A system of "interchangeable" generalized functional and spatial zones of the Transnistriya coastal territory is revealed. Forms of sustainable interrelation between urban and natural landscapes are described taking into account the functions and with segregation of conditional schemes: "development → contact zone → river". Possible variants of "contact zones" of development with the water area is suggested, contributing to its sustainable development.

Key words: functional familiarization, contact zone, sustainable interrelation, enlarged functional division, limited functional division, local functional division.

Рудакова Ольга Николаевна, аспирант кафедры дизайна архитектурной среды.

Академии архитектуры и искусств Южного федерального университета.

Адрес: Россия, 344082, Ростовская область, Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, д. 75.

E-mail: rudakova65@mail.ru

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.12737/article_58e61337c2ccd6.55822991

Андронов С.Ю., канд. техн. н. доц.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

ТЕХНОЛОГИЯ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ХОЛОДНОГО ЩЕБЁНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТА

atomic@yandex.ru

Предложена холодная технология производства композиционного дисперсно-армированного холодного щебёночно-мастичного асфальта. Теоретически проанализированы процессы структурообразования композиционного холодного дисперсно-армированного асфальта. Исследованы основные дорожно-технические свойства холодного композиционного дисперсно-армированного щебёночно-мастичного асфальта. Композиционный дисперсно-армированный холодный щебёночно-мастичный асфальт целесообразно применять для строительства и ремонта дорожных покрытий, эксплуатирующихся в условиях повышенных летних температур и транспортных нагрузок

Ключевые слова: технология композиционного материала, дисперсное армирование волокнами, базальтовая фибра, щебёночно-мастичный асфальт, колеобразование, асфальт с дисперсным битумом.

Введение. Основное отличие щебёночно-мастичного асфальта (ЩМА) от обычного асфальта заключается в его жесткой каркасной структуре, которая обеспечивает передачу нагрузки с поверхности в нижележащие слои через непосредственно контактирующие друг с другом отдельные крупные частицы каменного материала. Тем самым достигается существенное снижение деформаций колееистости покрытия. ЩМА представляет самостоятельную разновидность асфальта, обеспечивающую в отличие от других типов смесей одновременно водонепроницаемость, трещиностойкость, сдвигоустойчивость и шероховатость верхнего слоя покрытия [1].

В России существует ГОСТ 31015-2002 [2], где регламентированы смеси ЩМА-10, ЩМА-15 и ЩМА-20, которые приготавливаются на основе щебня крупностью до 10, 15 и 20 мм. Данные смеси предназначены для устройства верхних слоев дорожных покрытий.

Основная часть. Процесс приготовления и укладки ЩМА смесей практически аналогичен традиционным горячим асфальтовым смесям по ГОСТ 9128-2013 [3]. Спецификой смеси ЩМА является, в частности, более высокая, по сравнению с обычными асфальтовыми смесями, требуемая температура на выходе из смесителя – до 180 °С [1]. Это связано, с одной стороны, с изменением реологических свойств по температурной чувствительности, а с другой – тем, что смесь укладывается, как правило, более тонкими слоями (3–5 см) в сравнении с обычными асфальтовыми смесями, поэтому склонна к быстрому охлаждению.

Температурный режим приготовления ЩМА смесей, так же как и традиционных горячих асфальтовых смесей требует больших затрат остродефицитной тепловой и электрической энергии, неизбежно сопровождается выбросом в атмосферу большого количества минеральной пыли, окислов азота, серы, углерода, канцерогенных углеводородов, наносящих ущерб окружающей среде, вызывающие профессиональные заболевания рабочих (астма, бронхит и др.). Известно также, что в горячих асфальтовых смесях на стадии их приготовления вяжущее уже стареет на 50–70 %, что соответствует 7–10 летнему сроку эксплуатации покрытия [4].

Одним из условий получения щебёночно-мастичной смеси является наличие в ней повышенного количества битума (в пределах 6,0–8,5 %). Удорожает стоимость ЩМА необходимость применения специальных стабилизирующих добавок, предотвращающих стекание излишков вяжущего в ходе транспортирования и укладки. Добавки-стабилизаторы представляют собой гранулированные целлюлозные волокна с битумным покрытием. Более 90 % стабилизаторов для ЩМА производится в Германии. Кроме того для введения гранул стабилизатора в смеситель асфальтобетонного завода (АБЗ) требуется дополнительное оборудование.

Альтернативой горячим асфальтовым смесям являются смеси на битумных эмульсиях. Необходимость заблаговременного производства битумных эмульсий приготавливаемых с использованием дорогостоящих поверхностно-активных эмульгаторов и оборудования эмульсионных баз, нередко зарубежного производства

существенно удорожает производство асфальтов.

Предлагаемая технология композиционного холодного дисперсно-армированного ЦМА с дисперсным битумом является дальнейшим развитием разработанной в СГТУ под руководством профессора Н.А. Горнаева и запатентованной [5] эффективной холодной технологии производства и применения асфальта с дисперсным битумом.

На рис. 1 представлена принципиальная технологическая схема приготовления дисперсно-армированной щебёночно-мастичной ас-

фальтовой смеси с дисперсным битумом. Минеральные составляющие естественной температуры и влажности подаются в мешалку. Одновременно с минеральными составляющими вводится добавка базальтовой фибры. Затем вводится дополнительное количество воды, и подаётся битум с рабочей температурой 140–150 °С, перемешивание продолжается до полного диспергирования битума на глобулы размером обычно до 100 мкм. Готовая смесь практически холодная.

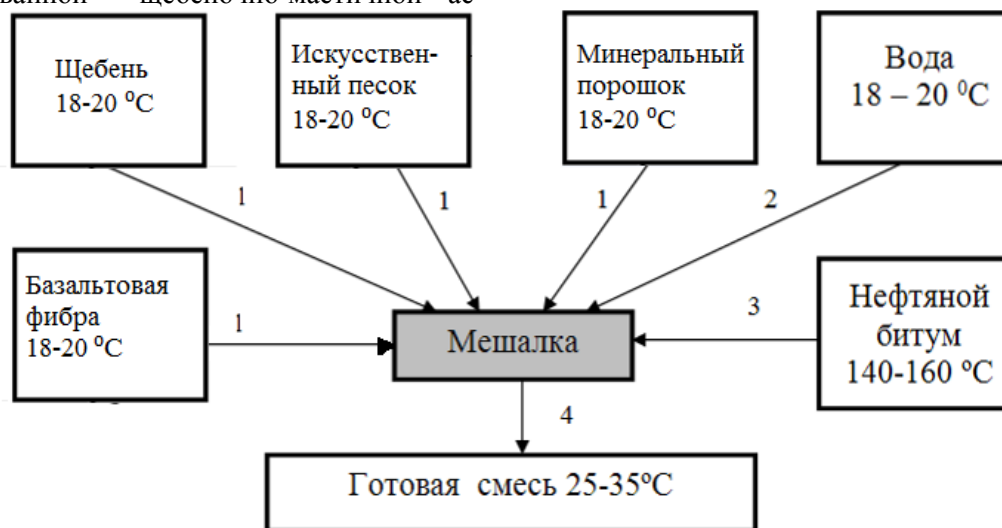


Рис. 1. Схема приготовления композиционной холодной дисперсно-армированной щебёночно-мастичной асфальтовой смеси 1-3 – последовательность операций

Отличительной особенностью предлагаемой холодной технологии композиционного дисперсно-армированного ЦМА является образование в процессе перемешивания в объёме асфальтовой смеси прямой медленнораспадающейся битумной эмульсии на твердом эмульгаторе, роль которого могут выполнять обычно применяемые минеральные порошки. В результате получается асфальт на битумной эмульсии, без заблаговременного производства и применения эмульсии. Для создания каркаса устойчивого к сдвиговым деформациям от транспортной нагрузки в состав композиционных холодных щебёночно-мастичных смесей вводится 70–80 % щебня с улучшенной (кубовидной) формой зерен и 15–30 % искусственного песка из отсевов дробления. Для снижения пористости слоя покрытия в состав композиционного холодного ЦМА с дисперсным битумом вводится 10–12 % известнякового минерального порошка и не менее 6,5 % вязкого нефтяного битума. Кроме этого формированию каркаса и его последующей стабильности способствует добавка базальтовой фибры, выполняющей армирующую функцию в объёме асфальтобетона.

На стадии выполнения лабораторных исследований базальтовая фибра вводилась навеской непосредственно в лабораторную мешалку. Для улучшения показателей физико-механических свойств асфальтобетона вводится добавка базальтовой фибры в подобранном оптимальном количестве 0,4 % по массе смеси. На стадии производства композиционной холодной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси дозированная базальтовая фибра вводится непосредственно через технологическое отверстие смесителя асфальтобетонного завода.

Предлагаемая технология имеет ряд значимых достоинств: **энергосбережение**, так как отпадает необходимость высушивания и нагрева минеральных составляющих; **ресурсосбережение**, за счет исключения из технологической линии асфальтобетонного завода сушильного барабана, форсунки, топочного хозяйства, пылеуловительной установки, грохота, необходимости их обслуживания, снижения металлоемкости завода; **экологическая безопасность**, так как, благодаря холодному и влажному приготовлению смесей, исключается выброс в атмосферу пыли, канцерогенных углеводородов и др.

При производстве холодной композиционной дисперсно-армированной щебёночно-мастичной асфальтовой смеси не требуется добавка гранул стабилизатора и дополнительного оборудования для его введения в смеситель АБЗ.

Разрабатываемое под руководством Н. А. Горнаева в СГТУ научное направление «Технология холодных органоминеральных материалов с дисперсными органическими вяжущими» и разработки его учеников позволили теоретически обосновать процессы структурообразования в холодном композиционном дисперсно-армированном ЩМА с привлечением представлений физической химии с позиции термодинамики. Формирование структуры асфальта начинается в момент объединения всех составляющих, а заканчивается в покрытии, в ходе его эксплуатации. Холодная композиционная дисперсно-армированная щебёночно-мастичная асфальтовая смесь представляет собой гетерогенную необратимую систему открытого типа, протекающие в ней процессы происходят в направлении уменьшения суммарной избыточной поверхностной энергии, достижения устойчивого равновесия. Скорость протекания этих процессов обуславливается составом, свойствами, температурами исходных материалов, погодными условиями. Важнейшими стадиями процессов структурообразования являются: смачивание водой минеральных составляющих и поверхности базальтовой фибры, диспергирование и стабилизация битума; формирование битумной плёнки; адгезия битума; уплотнение.

В холодной композиционной дисперсно-армированной щебёночно-мастичной смеси исключительно важное значение имеет вода. Являясь обязательной, незаменимой составляющей, она участвует и определяет характер взаимодействий на всех этапах процессов структурообразования и свойств асфальта. Введение в минеральную смесь дополнительной воды лиофилизует систему и создаёт благоприятные условия для диспергирования вязкого нефтяного битума.

Диспергирование вязкого битума осуществляется в объёме увлажнённой смеси через образование битумных нитей длиной до нескольких десятков миллиметров и их последующий распад на глобулы по достижении критической для данных условий толщины (температуры, содержание минерального порошка, воды и др.). Стабилизация битумных глобул осуществляется через остаточный (ориентированный) слой воды по Б. В. Дерягину [6].

Формирование битумных плёнок на поверхности минеральных частиц и базальтового волокна происходит в результате смачивания

битумом воды, а затем по мере её испарения и твёрдых поверхностей. Битумные плёнки формируются тем быстрее, чем выше степень дисперсности битума и ниже его вязкость. Адгезия битума происходит через остаточный слой воды с последующей диффузией ПАВ битума (главным образом анионоактивных) на границу раздела [10].

На стадии уплотнения композиционной дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси определяющее значение имеет содержание воды. В первый момент увлажнённая смесь легко уплотняется за счёт повышенного содержания воды. Однако, вода, заполняя все поры смеси и являясь практически несжимаемой препятствует уплотнению, поэтому холодный композиционный дисперсно-армированный ЩМА имеет остаточную пористость 8–10 % и согласно ГОСТ 9128-2013 [3] относится к пористым. Уплотнению способствуют особенности взаимодействия воды с гидрофильными составляющими смеси (песком, минеральным порошком, щебнем и базальтовыми волокнами). По мере испарения воды за счёт песка и минерального порошка в смеси образуется большое количество заполненных водой тонких капилляров, возникающее при этом лапласовское давление стремится сблизить минеральные зёрна. Вода за счёт капиллярных сил проявляет как бы связующие свойства, что позволяет открывать движение транспорта по покрытиям из холодных композиционных дисперсно-армированных ЩМА сразу после завершения работ.[9]

Экспериментальные исследования проводились на холодных композиционных дисперсно-армированных щебёночно-мастичных смесях с наибольшей крупностью щебня 10, 15 и 20 мм. Для приготовления смесей применялся нефтяной битум марки БНД 90/130, известняковый минеральный порошок марки МП-1, гранитный щебень марки 1200 и полученный из него искусственный песок. Для дисперсного армирования применялась добавка базальтовой фибры длиной нарезки 15–18 мм. Компонентные и зерновые составы холодных композиционных дисперсно-армированных щебёночно-мастичных смесей подбирались аналогично щебёночно-мастичным смесям горячего приготовления в соответствии с ГОСТ 31015-2002 [2] и показаны в табл. 1 и 2. Содержание в смеси базальтового волокна (0,4 %) по массе смеси устанавливалось на основе предварительно выполненных лабораторных исследований с целью обеспечения минимального расхода базальтового волокна для получения максимального увеличения комплекса физико-механических показателей свойств

композиционной дисперсно-армированной
ЩМА смеси и асфальтобетона.

Таблица 1

**Компонентный состав холодной композиционной дисперсно-армированной
щебёночно-мастичной смеси**

Материал	Содержание в материале, % по массе		
	Наибольшая крупность зёрен щебня, мм		
	10	15	20
Щебень фракций, мм:	-		
5-10	61	21	12
10-15	-	45	22
15-20	-	-	38
Песок из отсевов дробления	27	23	18
Минеральный порошок	12	11	10
(в пересчёте на частицы мельче 0,071 мм)			
Битум (сверх 100 % минеральной части)	7,0	6,5	6,0
Вода (сверх 100 % минеральной части)	10	9	8
Базальтовое волокно длиной 15-18 мм (% по массе смеси)	0,4	0,4	0,4

Таблица 2

Зерновой состав холодной композиционной дисперсно-армированной щебёночно-мастичной смеси

Наибольшая крупность зёрен щебня, мм	Размер зерен, мм, мельче									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
10	-	-	100	39	25	20	16	14	12	12
15	-	100	55	34	25	20	17	14	12	11
20	100	62	40	28	22	19	15	14	12	10

Холодные композиционные дисперсно-армированные щебёночно-мастичные смеси приготавливались в лабораторной мешалке, изготовленной по типу серийно выпускаемых для АБЗ. Для исследования свойств холодного композиционного ЩМА с дисперсным битумом изготавливались стандартные цилиндрические образцы диаметром 71,4 мм, которые согласно ГОСТ 31015-2002 [2], уплотнялись прессованием в течение 3 минут под нагрузкой 40 МПа.

При подготовке к испытаниям образцы высушивались 12 часов при температуре 100 °С. Такая методика воспроизводит условия формирования асфальта в покрытии и позволяет получать образцы со свойствами, близкими к свойствам образцов формировавшихся в естественных условиях. Образцы испытывались по методике ГОСТ 12801-98 [7] принятой для ЩМА горячего приготовления.

Степень дисперсности битума в холодной композиционной дисперсно-армированной добавкой базальтового волокна щебёночно-мастичной смеси оценивалась средним диаметром глобул и определялась на биологическом микроскопе с применением расчетного метода дисперсионного анализа И. А. Плотниковой [8]. Диспергирование битума происходит через вытягивание его в нити длиной до 30 мм с последующим распадом на глобулы средним диамет-

ром до 80 мкм. Установлено, что для обеспечения достаточной степени дисперсности битума (до 100 мкм), а также свойств композиционного дисперсно-армированного холодного щебёночно-мастичного асфальта в составе смеси должно содержаться 10–12 % минеральных частиц мельче 0,071, вязкого нефтяного битума – 6–8 %. Влажность смеси должна составлять 8 и 10 % при содержании минерального порошка 10 и 12 % соответственно.

По основным показателям холодный композиционный дисперсно-армированный ЩМА удовлетворяет требованиям ГОСТ 31015-2002 [2] к ЩМА горячего приготовления (табл. 3).

Водонасыщение соответствует пористым асфальтобетонам приближаясь к верхнему пределу показателя для горячего плотного асфальтобетона. Остаточная пористость больше водонасыщения, что объясняется закрытой тонкопористой структурой асфальта.

Выполненные расчеты показывают, что общий народнохозяйственный эффект (складывающийся из экономического, экологического и социального эффектов) применения технологии композиционного дисперсно-армированного холодного щебёночно-мастичного асфальта составит не менее 50 % в сравнении с ЩМА горячего приготовления.

Таблица 3

**Основные физико-механические свойства композиционного дисперсно-армированного
холодного щебёночно-мастичного асфальта**

Наименование показателя	Значение показателя		
	Наибольшая крупность зёрен щебня, мм		
	10	15	20
Пористость минеральной части, %	14	15	17
Остаточная пористость, %	8,9	9,0	7,9
Водонасыщение, % по объёму	7,0	6,3	4,0
Предел прочности при сжатии, МПа при температуре 20 °С при температуре 50 °С	3,5 1,2	3,9 1,7	4,0 1,9
Сдвигоустойчивость: коэффициент внутреннего трения сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	0,95 0,34	0,95 0,32	0,94 0,37
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,7	4,0	4,4
Водостойкость при длительном водонасыщении, не менее	0,92	0,94	0,92

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирюхин Г. Н., Смирнов Е.А. Покрывтия из щебеночно-мастичного асфальтобетона. М. ООО «Издательство "Элит"». 2009. 176 с.
2. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебёночно-мастичные. Технические условия
3. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
4. Силкин В.В. Марышев Б.С., Ольховиков В.М. Экологически чистые технологии для производства асфальтобетонных смесей // Строительная техника и технология. 2008. № 4. С. 30–33.
5. Пат. № 2351703 Российская Федерация. Способ приготовления холодной органоминеральной смеси для дорожных покрытий / Н. А.

Горнаев, В. Е. Никишин, С. М. Евтеева, С. Ю. Андронов, А. С. Пыжов. Оpubл. 10.04.09.

6. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В. М. Поверхностные силы. М. : Наука, 1985. 398 с.

7. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.

8. Ляпина А.И., Плотникова И.А. Анализ сопоставления графического и расчётного методов определения показателей дисперсности битумных эмульсий // Тр. СоюздорНИИ. 1977. № 100. С. 120–130.

9. Aren M. Cleven Investigation of the properties of carbon fiber modified asphalt mixtures // Michigan technological university, 2000.

10. Rebecca Lynn Fitzgerald Novel Applications of Carbon Fiber for Hot Mix. Asphalt Reinforcement and Carbon-Carbon // Michigan technological university, 2000.

Andronov S.Y.

**TECHNOLOGY OF DISPERSE-REINFORCED COMPOSITION COLD
PULP-FILM-MASTIC ASPHALT**

A cold production technology of composite dis-perse-reinforced cold crushed stone mastic asphalt. composite structure formation processes of cold Fibrous asphalt theoretically analyzed. The basic technical characteristics of road cold composite Fibrous crushed stone mastic asphalt. The composite dispersion-reinforced cold crushed stone mastic asphalt is appropriate to apply for the construction and repair of road surfaces, operating in conditions in elevated summer temperatures and traffic loads

Key words: composite material technology, particulate reinforcement fibers, basalt fibers, crushed stone mastic asphalt rutting asphalt bitumen to disperse.

Андронов Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент.

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 410054, Саратов, ул. Политехническая 77к3.

E-mail: atomic08@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И/ИЛИ ПОКРЫТИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

alex.zadiraka@mail.ru

Рассматривается задача повышения транспортно - эксплуатационных показателей оснований и/или покрытий транспортных сооружений. Увеличение срока службы конструкций транспортных сооружений. Подробно рассмотрен и изучен полиуретановый композитный состав для устройства оснований и покрытий транспортных сооружений. Были изучены влияние полиуретанового состава на показатели свойств транспортных сооружений. Какие улучшения происходят с конструкциями транспортных сооружений, какие проблемы это предотвращает. В результате подробного исследования данного состава, выяснили, что значительно повышаются эксплуатационные свойства конструкций автомобильной дороги. Данный состав можно эффективно применять для создания монолитной конструкцией из щебеночных и гравийных материалов.

Ключевые слова: транспортные сооружения, полиуретановый состав, укрепление и повышение свойств.

Введение. Основная задача, которая стоит перед дорожной отраслью - это в первую очередь улучшение транспортно - эксплуатационных показателей оснований и/или покрытий транспортных сооружений (ТС). К таким показателям следует отнести прочность конструкций, которая зависит от сроков их эксплуатации под воздействием транспортных средств и погодноклиматических условий.

Для повышения транспортно-эксплуатационных показателей ТС используют различные технологии пропитки оснований и покрытий связующим составом (вязущим). Данный способ укрепления конструкции опирается на изучение физико-химических и механических свойств полиуретановых композиций. С этой целью важна такая характеристика, как сочетание высокой эластичности с широким диапазоном твердости, которые определяют великоколепные свойства эксплуатации конструкций ТС.

В качестве ТС в рамках предлагаемой разработки могут быть использованы, в частности, автомобильные дороги, откосы, обочины, конуса мостов, аэродромы, промышленные и строительные площадки, водоотводные каналы, береговые линии, русла водоемов и т.п.

Описание состава для устройства оснований и/или покрытий транспортных сооружений. Данный состав хорошо подходит для укрепления и создания устройства откосов насыпей и выемок методом проливки, который представляет собой метод несвязанными струями представляет собой полиуретановую реакционную смесь, содержащую 57–63 % базового вещества на основе полиола, 37–43 % отвер-

ждающего компонента на основе изоцианата и 0,001–5,0 % порошкового дисперсного наполнителя, которую в виде вязущего вещества, равномерно распределяют в пустотах слоя зернового материала основания методом его пролива сверху под действием ее собственной силы тяжести.

Полиуретановая смесь готовится на месте производства работ путем смешения компонентов в заданной пропорции в небольших емкостях (до 10 л).

Происходит добавление дисперсного наполнителя который сопровождается непрерывным перемешиванием смеси с установленными технологическими параметрами – время и скорость вращения рабочего органа. [1]

При перемешивании смеси визуально отслеживают процесс образования пузырьков.

При сильном пузырении смеси увеличивают расход наполнителя.

Для регулирования вязкости смеси дополнительно вводят растворитель, например, изопропанол, сольвентом или ксилолом, ацетоном, метилхлоридом, причем он может быть введен в каждый из указанных компонентов.

При этом количество используемого растворителя определяется требуемой вязкостью вязущего, температурой, влажностью окружающей среды и может составлять до 10 % дополнительно по массе реакционной смеси.

В качестве дисперсного наполнителя используют твердые неорганические или органические вещества, естественного (минерального или растительного) и искусственного происхождения.

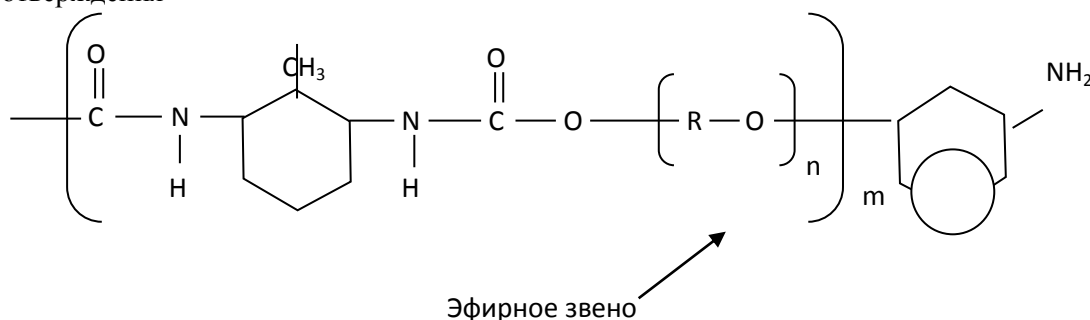
Например, в качестве дисперсных наполнителей используют: минеральные порошкообразные кристаллические оксиды, соли, в т.ч. силикаты и алюмосиликаты, например, мел, известняк, доломит, кварц, каолин, тальк, шунгит, слюда, волластонит и асбест и др.

При смешении базового вещества и отверждающего компонента происходит химическая реакция между полиолом и изоцианатом, в результате которой выделяется побочный углекислый газ.

Порошковый дисперсный наполнитель с заданной массовой долей относительно основных ингредиентов смеси определяет реакцию способную в отношении образовавшегося углекислого газа, после потери «живучести» в процессе суточного отверждения. [2]

При проведении работ отбираются пробы смеси, которые анализируются на спектроанализаторе на наличие углекислого газа.

Описание спектра полиуретановой композиции РТ-КС 001 (РТ-КС) (вяжущего материала на основе двухкомпонентной полиуретановой системы производства ООО «РТ-Полипласт», г. Азов, Ростовская область, Россия) через 40 минут отверждения



Через 24 часа после смешения компонентов системы (по сравнению с состоянием системы через 45 минут после смешения) наблюдаются заметные изменения в ИК-спектрах.

Описание спектра полиуретановой композиции РТ-КС 001 (РТ-КС) (вяжущего материала

Образование полиуретана при применении двухкомпонентной системы осуществляется в результате взаимодействия гидроксильных и изоцианатных групп компонентов с образованием поперечных уретановых связей.

На ИК-спектрах наблюдаются характеристические полосы поглощения изоцианатных групп на длине волны 2266 см^{-1} , а также - полосы поглощения на длинах волн (νNH), 1522 см^{-1} (δNH), 1724 см^{-1} ($\nu\text{C=O}$), характерные для NH – уретановой группы (иллюстрация 1).

В целом ИК-спектр полученной полиуретановой системы соответствует литературным данным для полимеров этого класса: в нем присутствует характерная широкая полоса в области 3412 и 3346 см^{-1} , отвечающая валентным колебаниям NH- и NH₂-групп, а также полосы при 1724 см^{-1} («Амид I»), 1522 см^{-1} («Амид II»), 1219 см^{-1} ($\nu\text{C-O}$) и сильная полоса при $\sim 1120\text{ см}^{-1}$ ($\nu_{\text{asym}}(\text{O-C-O})$). Характеристические полосы поглощения фенильного фрагмента проявляются в области $1420\text{--}1600\text{ см}^{-1}$ (иллюстрация 7).

Ниже приведена структура полимерного звена ППУ:

на основе двухкомпонентной полиуретановой системы производства ООО «РТ-Полипласт», г. Азов, Ростовская область, Россия) через 24 часа отверждения [3]

Композиция полиуретановой системы РТ-КС (РТ-КС) через 24 часа		
Волновое число, см^{-1}	Отнесение	Пояснение
3418	Валентные колебания О-Н	Внутри-и межмолекулярные Н- связи в димерах и полимерах.
2928	Валентные колебания CH_2 , CH_3	
2280	$\text{CN}=\text{C}=\text{O}$ Изоцианаты + CO_2	
1736, 1720, 1701	Валентные колебания $\text{C}=\text{O}$ сложноэфирной группы	Уретаны (карбаматы) $\text{RR}'\text{N-COOR}$
1601	Колебания ароматического кольца	
1524	Валентные колебания ароматического кольца	
1412	Деформационные колебания связей C-H в алкенах $\text{HRC}=\text{CH}_2$	
1312	Валентные и деформационные колебания в аминогруппах NH	
1223	Валентные колебания гидроксильной группы и C-O , C-N связей	
1042	Валентные колебания групп C-O-C	
814	Внеплоскостные деформационные колебания C-H	

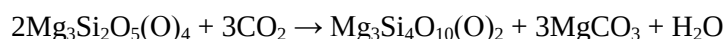
Так, происходит заметное уменьшение интенсивности полосы $2280\text{--}2278\text{ см}^{-1}$, соответствующей валентным колебаниям изоцианатной группы. Имеет место также уменьшение интенсивности полос поглощения в области $1700\text{--}1730\text{ см}^{-1}$. Известно, что полоса 1701 см^{-1} соответствует валентным колебаниям карбонильной составляющей полиизоцианатных групп амидной структуры, а полоса 1728 см^{-1} отвечает колебаниям карбонильной составляющей уретановой группы (иллюстрация 2).

В начальный период времени полоса 1728 см^{-1} является более интенсивной, чем полоса 1701 см^{-1} . По окончании процесса полоса 1701 см^{-1} , напротив, оказывается более интенсивной по сравнению с полосой 1720 см^{-1} .

На фоне полосы 1042 см^{-1} , связанной с колебаниями простой эфирной группы, пропадает полоса 1898 см^{-1} , обусловленная валентными колебаниями N-H связей в аминных катализаторах, присутствующих в смоле (иллюстрация 2).

Реакции в системе «смола – отвердитель» в целом завершаются при комнатной температуре в течение 24 часов после смешения [4, 5].

Наличие пика 2350 на суточном спектре идентифицируется как наличие углекислого газа.



Объем образовавшихся веществ в разы меньше объема углекислого газа, что определяет уменьшение размеров пор и снижения риска разрыва нитей.

Массовая доля порошкового дисперсного наполнителя определена эмпирическим путем и может быть варьирована в зависимости от состояния поверхности обрабатываемого зернового материала, а именно от кислотно-щелочных параметров, шероховатости пористости, влажности, от времени перемешивания, температуры исходных компонентов, влажности воздуха.

Массовая доля менее 0,001 % от массы смеси нецелесообразна по причине технологических проблем дозирования и резкого увеличения времени перемешивания смеси для достижения технического результата, что вызывает необходимость изменения процентного отношения базового состава и отвердителя [9].

Массовая доля более 5,0 % от массы смеси не рекомендуется в силу снижения эластичных свойств и увеличения риска разрыва нитей, например, по причине температурной деформации конструкции транспортного сооружения.

Введение в состав для устройства конструкции оснований и/или покрытий транспортных сооружений минерального порошка в незначительном количестве способствует погло-

Наличие пузырьков (пор, пустот) было видно невооруженным глазом на поверхности и на разрезе.

Анализ показывает, что выделение углекислого газа в основной массе происходит после первичного отверждения и механическим путем они не могут быть удалены.

При этом углекислый газ локализуется в порах образовавшихся нитей, которые связывают зерновой материал, что приводит к возникновению концентраторов напряжения, как источника зарождения зоны разрыва нитей (трещин разрыва).

На иллюстрациях 3 и 4 видно образование воздушных пузырьков в стандартных испытываемых образцах из полиуретана, а также произошедший разрыв образца по пузырьку (ближний левый угол).

Введение в состав смеси порошкового дисперсного наполнителя в количестве 0,001–5,0 % от массы смеси позволяет превратить углекислый газ в воду и минеральное вещество путем химической реакции гашения углекислого газа.

Например, для магнезитов (тальк, доломит, магнезит) известна типовая химическая реакция его взаимодействия с углекислым газом с образованием воды и минерального вещества: [6, 8]

к поглощению углекислого газа, образуемого при вступлении в реакцию при смешении изоцианата и полиола, что приводит к уменьшению пустот в нитях, снижая риск разрыва нитей и повышая прочностные характеристики соединения.

Описание спектра полиуретановой композиции РТ-КС 001 (РТ-КС) (вяжущего материала на основе двухкомпонентной полиуретановой системы производства ООО «РТ-Полипласт», г. Азов, Ростовская область, Россия) после введения диспергированного доломитового порошка через 24 часа отверждения [10].

Анализ спектра смеси (иллюстрация 5) с добавлением диспергированного доломитового порошка после ее затвердевания показывает наличие углекислого газа. Однако размеры пузырьков существенно уменьшились.

Сам спектр не показывает геометрических характеристик пузырьков воздуха, поэтому их наличие и геометрические параметры подтверждались визуально с помощью, например, лупы.

Вывод. Данный состав полиуретановой реакционной смеси для укрепления и ремонта оснований и/или покрытий транспортных сооружений позволяет предотвратить дефектообразование и повысить однородность вяжущего материала в местах соединения зерновых элементов

транспортного сооружения за счет уменьшения размеров пор (пустот), заполненных углекислым газом, являющимся продуктом взаимодействия полиола и изоцианата.

Это объясняется тем, что при проливе вяжущего сверху под действием собственной силы тяжести в слое зернового элемента образуется каркас в виде оболочек вяжущего на зерновых элементах и вертикальных нитей из вяжущего в случайно распределенных пустотах между контактирующими друг с другом оболочками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СоюздорНИИ. Руководство по строительству оснований и покрытий автомобильных дорог из щебеночных и гравийных материалов, Москва 1999. 234с.
2. Патент № 2479523 Российская Федерация, C04B26/16 E01C7/30. Способ получения содержащих минералы дорожных покрытий для настилов / Момайер НИЛЬС (DE), Реезе Оливер (DE), Айзенхардт Андреа (DE), Леберфингер Маркус (DE), Момайер Хайнрих (DE) ; заявитель и патентообладатель БАСФ СЕ (DE) – заявл. 12.09.2008; опубл. 20.04.2013
3. Методические рекомендации по строительству щебеночных оснований повышенной жесткости. СоюздорНИИ. М., 1978. 127с.
4. ВСН 46-83 Инструкция по проектированию одежд нежесткого типа, с.101.
5. Пособие по строительству покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, К СНиП 3.06.06-88.
6. Методы ремонта щебеночных конструкций, армированных объемными георешетками на конусах мостовых сооружений и откосах автомобильных дорог / Леонтьев В.Ю., Кокодеева Н.Е., Чижиков И.А., Кочетков А.В., Задирака А.А. // Дороги. Инновации в строительстве 2015. № 43. С. 74–78.
7. Кокодеева Н.Е., Талалай В.В., Кочетков А.В., Аржанухина С.П., Янковский Л.В. Методологические основы оценки технических рисков // Вестник ВолгГАСУ. Серия Строительство и архитектура. 2012. Вып. 28(47). С. 126–134.
8. Патент № 2492290 Российская Федерация, E01C3/04. Способ строительства автомобильных дорог и конструкция автомобильной дороги / Арсеньев Дмитрий Анатольевич, Основин Евгений Владимирович; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Центральная транспортная компания" – заявл. 29.12.2011; опубл. 10.09.2013
9. ВСН 04-71 Указания по расчету устойчивости земляных откосов. 97с.
10. АО «ОргсинтезРесурс». «Материал вяжущий на основе полиуретана для автомобильных дорог. Технические условия» // Стандарт организации АО «ОргсинтезРесурс» СТО 88902325-01-2014.23с.

Zadiraka A.A.

THE USE OF POLYURETHANE FORMULATIONS FOR COMPOSITE DEVICES BASES AND / OR COATINGS OF TRANSPORT FACILITIES

The problem of increasing transport - operational performance reasons and / or coatings of transport facilities. Heightening the life of structures of transport constructions. More considered and studied polyurethane composite structure for the device of bases and covers transport facilities. We studied the effect of the polyurethane composition on the performance properties of transport facilities. What improvements occur to the structures of transport constructions, what problems it predotvraschaet. V result of a detailed study of the composition, we found that significantly increased the performance properties of road construction. This composition can be effectively used to create a monolithic structure of the crushed stone and gravel.

Key words: Transport facilities, the polyurethane composition, the strengthening and improvement of properties.

Задирака Алексей Анатольевич, аспирант.

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Адрес: Россия, 410054, Саратов, ул. Политехническая 77к3.

E-mail: alex.zadiraka@mail.ru

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/article_58e61337d01271.32218562

Семикопченко И.А., канд. техн. наук, доц.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Юрченко А.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПИСАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ БРОНЕПЛИТ КЛАССИФИЦИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЕЗИНТЕГРАТОРА

chentsov.1995@mail.ru

В данной статье получено аналитическое выражение, позволяющее определить величину начальных размеров частиц материала, направляемых на дополнительное воздействие со стороны бронеплит классифицирующего устройства в камере помола дезинтегратора. Определены основные параметры, оказывающие влияние на разделение материала на крупку, направляемую на дополнительное измельчение с помощью бронеплит и готовый продукт.

Ключевые слова: дезинтегратор, бронеплита, классифицирующее устройство.

Одним из недостатков работы дезинтеграторов являются незначительное количество соударений частиц материала и отсутствие клас-

сификации в периферийной части камеры помола [1].

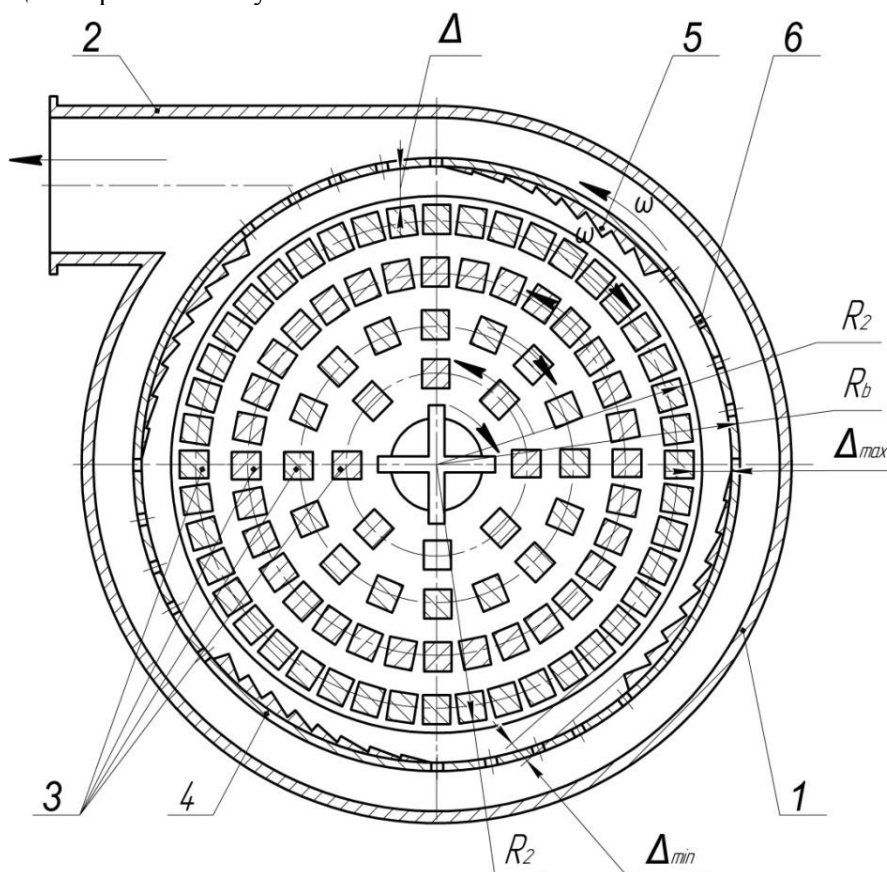


Рис. 1. Схема дезинтегратора с классифицирующим устройством:
1 – корпус; 2 – разгрузочный патрубок; 3 – ударные элементы; 4 – классифицирующее устройство;
5 – бронеплиты; 6 – перфорированная секция.

В связи с этим нами была создана конструкция дезинтегратора, включающая корпус 1, разгрузочный патрубок 2, ударные элементы 3 и

вращающееся навстречу внешнему ряду ударных элементов классифицирующее устройство 4 (рис. 1).

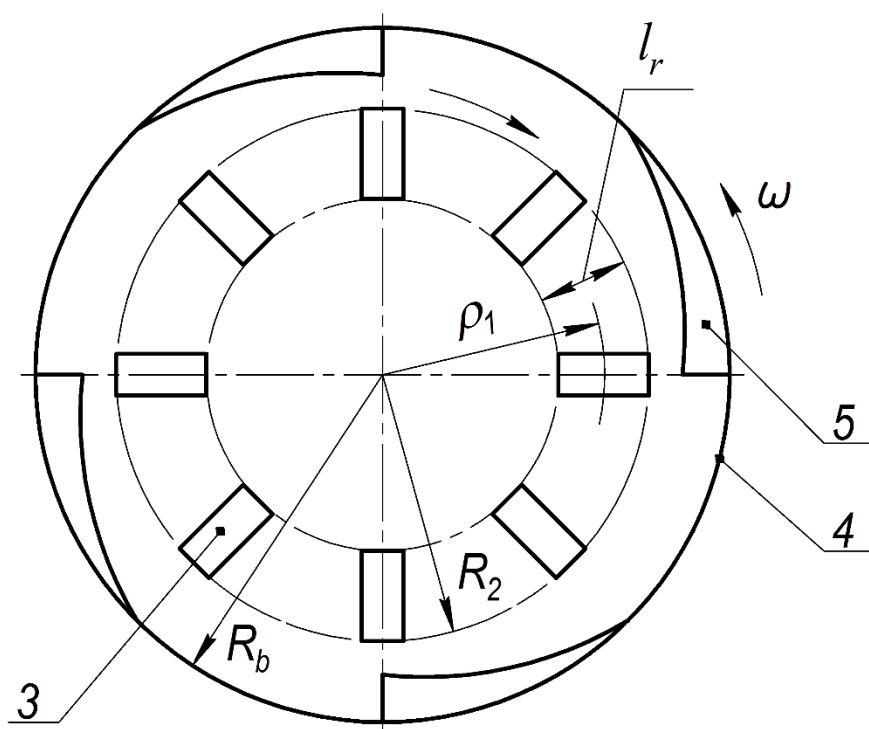


Рис. 2. Схема расположения бронеплит 5 в классифицирующем устройстве 4 дезинтегратора

Абсолютная величина скорости схода частицы материала с радиально расположенного ударного элемента внешнего ряда камеры помола (рис. 2) дезинтегратора равна:

$$\vartheta = \sqrt{\vartheta_{\chi}^2 + \vartheta_r^2}. \quad (1)$$

Здесь ϑ_{χ} — величина окружной скорости,

$$\vartheta_{\chi} = \omega \cdot R_2, \quad (2)$$

где R_2 — наибольший радиус внешнего ряда ударных элементов; ω — частота вращения ротора; ϑ_r — величина радиальной составляющей скорости частицы материала на основании работы [2] равна:

$$\vartheta_r = \frac{\omega \rho_1}{2f}, \quad (3)$$

где f — коэффициент трения частицы материала о поверхность ударного элемента; ρ_1 — расстояние от оси вращения до точки взаимодействия с радиально ориентированным ударным элементом, величину этого расстояния без ограничения общности можно принять равной:

$$\rho_1 = R_2 - \frac{l_r}{2}. \quad (4)$$

Здесь l_r — ширина ударного элемента в радиальном направлении.

Подстановка (2) и (3) с учетом (4) в формулу (1) приводит к следующему результату:

$$\vartheta = \sqrt{\omega^2 R_2^2 + \frac{\omega^2 (R_2 - \frac{l_r}{2})^2}{4f^2}}. \quad (5)$$

После несложных математических преобразований соотношение (5) принимает вид:

$$\vartheta = \frac{\omega R_2}{2f} \cdot \alpha_0, \quad (6)$$

где введено следующее обозначение:

$$\alpha_0 = \sqrt{4f^2 + (1 - \frac{l_r}{R_2})^2}. \quad (7)$$

Условием попадания частиц материала с внешнего ряда ударных элементов дезинтегратора в зону с установленными бронеплитами классифицирующего устройства является соотношение:

$$E_k \geq E_0. \quad (8)$$

Здесь E_k — кинетическая энергия частицы материала, сошедшей с внешнего ряда ударных элементов; E_0 — кинетическая энергия движения двухфазного потока (воздушный поток и частицы материала) в зоне между внешним рядом ударных элементов и участком бронеплит. Величины данных энергий соответственно равны [3]:

$$E_k = \frac{m_r \vartheta^2}{2}; \quad (9)$$

$$E_0 = \frac{m_0 u^2}{2}, \quad (10)$$

где m_r – масса частицы материала в форме шара, равная:

$$m_r = \frac{\pi d_n^3}{6} \cdot \rho. \quad (11)$$

Здесь d_n – диаметр частицы материала, сходящей с внешнего ряда ударных элементов, отстоящих на расстоянии R_2 от оси вращения; ρ – плотность материала частицы; m_0 – масса двухфазного потока, заключенная в зоне воздействия одной секции бронеплиты; u – скорость движения двухфазного потока в непосредственной близости к бронеплите, равная:

$$u = \omega(R_2 + \Delta), \quad (12)$$

где Δ – величина зазора между радиусом внешнего ряда ударных элементов и внутренней поверхностью бронеплиты.

Величина m_0 массы двухфазного потока, находящегося в зоне, ограниченной одной бронеплитой и соответствующим сектором внешнего ряда ударных элементов будет определяться двумя слагаемыми: m_1 – масса чистого воздуха в рассматриваемой зоне и m_2 – масса частиц материала в этой же зоне, которые определяются следующими соотношениями:

$$m_1 = \frac{\pi}{8} \cdot \rho_0 \cdot b \cdot (R_b^2 - R_2^2). \quad (13)$$

Здесь ρ_0 – плотность чистого воздуха, $\rho_0 = 1,2 \text{ кг/м}^3$; b – высота ударных элементов первого внутреннего ряда; R_b – радиус классифицирующего устройства,

$$m_2 = \rho \cdot Q_n \cdot \frac{T}{8}, \quad (14)$$

$$m_0 = m_1 + m_2 = \frac{\pi}{8} \cdot \rho \left[\frac{\rho_0}{\rho} \cdot b(R_b^2 - R_2^2) + \frac{\pi \psi}{2} \cdot D_{\text{оп}}^2 \cdot h \right]. \quad (18)$$

Подстановка (11), (6) в формулу (9) приводит к следующему результату:

$$E_k = \frac{\pi d_n^3 \rho}{48} \cdot \frac{\omega^2 R_2^2 \alpha_0^2}{f^2}. \quad (19)$$

Подстановка (19) и (20) в неравенство (8) приводит к следующему результату:

$$E_0 = \frac{\pi}{16} \cdot \omega^2 \cdot R_2^2 \cdot \rho \left(1 + \frac{\Delta}{R_2} \right)^2 \cdot \left[\frac{\rho_0}{\rho} \cdot b(R_b^2 - R_2^2) + \frac{\pi \psi}{2} \cdot D_{\text{оп}}^2 \cdot h \right]. \quad (20)$$

$$\frac{d_n^3}{3} \cdot \frac{\alpha_0^2}{f^2} \geq R_2^2 \left(1 + \frac{\Delta}{R_2} \right)^2 \cdot \left[\frac{\rho_0}{\rho} \cdot b(R_b^2 - R_2^2) + \frac{\pi \psi}{2} \cdot \frac{D_{\text{оп}}^2}{R_2^2} \cdot h \right]. \quad (21)$$

Неравенство (21) можно представить в следующем виде:

$$d_n \geq d_0, \quad (22)$$

$$\alpha_1 = \left[\frac{3f^2}{\alpha_0^2} \cdot \left(1 + \frac{\Delta}{R_2} \right)^2 \cdot \left[\frac{\rho_0}{\rho} \cdot \frac{b}{R_2} \left(\frac{R_b^2}{R_2^2} - 1 \right) + \frac{\pi \psi}{2} \cdot \frac{D_{\text{оп}}^2}{R_2^2} \cdot h \right] \right]. \quad (24)$$

где T – время одного полного оборота ротора;

Q_n – объемный расход материала, определяемый соотношением [4]

$$Q_n = \psi \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \omega \cdot h, \quad (15)$$

где ψ – коэффициент заполнения площади поперечного сечения шнекового питателя; h – шаг шнекового питателя.

Величину диаметра D шнекового питателя необходимо заменить на величину $D_{\text{оп}}$, определяемую по формуле

$$D_{\text{оп}} = 2 \cdot \Delta l \cdot \sqrt{\frac{\mu_0}{3 \cdot \psi} \cdot \frac{b \cdot R_1}{h \cdot (\Delta l + a)}}. \quad (16)$$

где Δl – расстояние между смежными ударными элементами первого внутреннего ряда; μ_0 – коэффициент разрыхления; $\mu_0 = 0,1 - 0,15$; R_1 – радиус внутреннего ряда ударных элементов; a – сторона квадрата поперечного сечения ударных элементов.

Соотношение (14) получено в предположении, что масса частиц материала равномерно распределена по всему объему между внешним рядом ударных элементов и классифицирующим устройством.

С учетом (14) и (15) выражение можно привести к виду:

$$m_2 = \frac{\pi^2}{16} \cdot \psi \cdot D_{\text{оп}}^2 \cdot h \cdot \rho. \quad (17)$$

На основании соотношений (13) и (17) находим

С учетом (18) и (12) выражение (10) принимает вид:

где

$$d_0 = R_2 \cdot \alpha_1. \quad (23)$$

Здесь введено следующее обозначение:

Таким образом, полученные соотношения (22) – (24) определяют начальные размеры частиц материала, попадающих в зону воздействия бронеплит вращающегося классифицирующего устройства в периферийной части камеры помола дезинтегратора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикатных изделий. М.: Стройиздат, 1962. 636 с.
2. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П. Теоретические исследования скорости движения частиц материала вдоль поверхности ударного элемента мельницы дезинтеграторного типа // Известия ВУЗов. Строительство. № 11-12. 2008. С. 93–96.
3. Кухлинг К. Справочник по физике. 2 изд. М.: Мир, 1985. 520 с.
4. Пертен Ю.А. Конвейеры: Справочник. Л.: Машиностроение, 1984. 367 с.

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Yurchenko A.S.

DESCRIPTION MOTION PARTICULATE MATERIAL IN THE AFFECTED AREA IS CLASSIFIED ARMOR PLATES DEVICES DISINTEGRATOR

In this article, an analytical expression that allows to determine the value of the initial particle size of the material directed to additional effects from armor plates of the classifying device in the grinding chamber of the cage mill. The main parameters influencing the separation of material in grit sent for additional crushing through armor plates and the finished product.

Key words: *disintegrator, armored plate, the classifying device.*

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Юрченко Дмитрий Сергеевич, аспирант.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: chentsov.1995@mail.ru

Теличенко В.И., д-р техн. наук, проф.,
Васильев В.Г., канд. техн. наук, доц.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ИМПУЛЬСОВ В БЕТОННОЙ СМЕСИ ПРИ УДАРНО-ВИБРАЦИОННОМ ФОРМОВАНИИ

PRESIDENT@mgsu.ru

Повышение эффективности виброформования бетонных и железобетонных изделий неразрывно связано с выбором рациональных режимов вибрационных воздействий на уплотняемую смесь и оптимальных параметров виброоборудования. В статье рассматриваются вопросы распространения волнового пакета при ударно-вибрационном воздействии на форму с бетонной смесью и исследуется спектр импульсов, распространяющихся в бетонной смеси. Проведенные исследования свидетельствуют, что спектр волнового пакета при ударно-вибрационном воздействии на форму с бетонной смесью содержит большое число гармоник, амплитуды которых изменяются по нелинейному закону в зависимости от параметров системы, основным из которых является жесткость упругого элемента между формой с бетонной смесью и рабочим органом формующей машины. Таким образом, изменяя жесткость упругих прокладок можно в широких пределах изменять амплитудно-частотный спектр колебаний, распространяющихся в бетонной смеси, и тем самым регулировать интенсивность процесса виброформования. Результаты теоретических и экспериментальных исследований хорошо согласуются с работами по созданию виброплощадок с регулируемыми параметрами и виброплощадок со свободно устанавливаемой на вибростоле формой.

Ключевые слова: *вибрационное формование, бетонная смесь, спектр колебаний.*

Вопросы теории и практики вибрационного уплотнения бетонных смесей до сих пор актуальны в производстве железобетонных изделий и конструкций [1–3]. Основными задачами при станковом формовании железобетонных изделий, особенно из жестких смесей, является выбор эффективных режимов вибрационных воздействий и рациональных параметров виброплощадок, обеспечивающих высокую степень и однородность уплотняемых бетонных смесей.

К сожалению, при использовании стандартных режимов формования, существующие конструкции вибрационного оборудования не удовлетворяют современным требованиям в связи с их большим ресурсопотреблением и невысоким качеством изготавливаемых железобетонных изделий, малой эффективностью, низкой эксплуатационной надежностью, а также превышением допустимых норм по уровню шума и вибрации [4, 5].

Для уплотнения как жестких бетонных смесей так и формования крупноразмерных изделий проф. Б.В.Гусевым [6, 7] были разработаны теоретические основы ударно-вибрационной технологии уплотнения, разработано и внедрено оборудование для реализации низкочастотных режимов формования железобетонных изделий. В других работах [8, 9], в качестве эффективных режимов для уплотнения жестких бетонных смесей предложено использовать так называемые асимметричные безударные колебания, в значительной степени имитирующие ударно-вибрационный режим, и отличающихся от по-

следних отсутствием соударений колеблющегося вибростола с уравнивающей рамой.

В работах [10–12] на основе исследования взаимодействия бетонной смеси с рабочим органом вибростола предложено оптимизировать параметры ударно-вибрационных площадок, обеспечивающих эффективные режимы формования ЖБИ из жестких бетонных смесей.

Представляет интерес рассмотреть процесс распространения волнового пакета при ударно-вибрационном воздействии на форму с бетонной смесью и исследовать спектр импульсов, распространяющихся в бетонной смеси.

При взаимодействии формы с бетонной смесью, установленной на упругий элемент рабочего органа виброплощадки, форма и вибростол после соприкосновения продолжают двигаться навстречу друг другу. В случае опирания формы на вибростол без упругой прокладки, роль упругого элемента выполняет металл, из которого выполнен рабочий орган. При этом прокладка деформируется, зона их контакта увеличивается и возрастает сила отталкивания формы от рабочего органа. Под действием этой силы относительная скорость сближения формы и рабочего органа убывает до нуля, а затем силы упругости, вызванные их деформацией, возвращают форму и рабочий орган виброплощадки в исходное динамическое положение.

Рассматривая ударно-вибрационные воздействия, возникающие при встречном движении формы со смесью и рабочего органа вибро-

площадки, исследуем форму импульса, его спектр и длительность процесса соударения.

Известно [13], что величина деформации упругого элемента (прокладки или упругости материала вибростола) зависит от силы, ее сжимающей, и жесткости прокладки.

Длительность соударения можно определить по формуле:

$$\tau = \Delta T = 2,94 \cdot \sqrt[10]{\frac{1,22}{P_0 \cdot \delta \cdot c^4}} \cdot \sqrt{M}, \quad (1)$$

где P_0 – сжимающая сила, возникающая между формой и рабочим органом при их упругом контакте, Н; δ – максимальное удаление (размах колебаний) формы от рабочего органа вибромашины в процессе их взаимного движения, м; c – жесткость упругого элемента (контакта) между формой и вибростолом, Н·м⁻¹; M – приведенная масса системы "рабочий орган – форма со смесью", определяемая формулой:

$$M = \frac{M_1 \cdot M_2}{M_1 + M_2}, \quad (2)$$

где M_1 – масса рабочего органа – вибростола, кг; M_2 – масса формы с бетонной смесью, кг.

Из (1) следует, что τ мало зависит от величина зазора δ и силы P_0 . В основном эта величина определяется массой формы с бетонной смесью и рабочего органа и жесткостью промежуточного упругого элемента.

Сила, действующая в момент контакта формы с рабочим органом виброплощадки, нарастает по следующему закону [10]:

$$P_k(t) = 4,69 \sqrt{MP_0 \delta} \sin \frac{\pi}{\Delta T} \cdot t, \quad (3)$$

где ΔT – момент максимального сближения вибростола и формы с бетоном:

$$P_k(t) = 0 \text{ при } t > \Delta T.$$

Сближение $y(t)$ формы с рабочим органом при их упругом контакте:

$$y(t) = \left(1,25 \frac{M}{c}\right)^{0,4} \cdot v_0^{0,8} \sin \frac{\pi}{\Delta T} t \quad (4)$$

при $0 < t \leq \Delta T$;

$$y(t) = 0 \text{ при } t > \Delta T.$$

Известно [14], что спектр некоторой почти периодической функции $y(t)$ определяется по формуле:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) \cdot e^{-j\omega t} dt. \quad (5)$$

Подставив (4) в (5) и проведя необходимые вычислительные операции, можно получить зависимость для вычисления амплитудно-частотного спектра:

$$S(\omega) = \frac{1,5(MP_0 \delta)^{1/2} \cdot \cos \frac{\omega \cdot 2,94 \sqrt[10]{\frac{1,22}{P_0 \cdot \delta \cdot c^4}} \sqrt{M}}{2}}{\left[1 - \left(\frac{\omega \cdot 2,94 \sqrt[10]{\frac{1,22}{P_0 \cdot \delta \cdot c^4}} \sqrt{M}}{\pi}\right)^2\right]}, \quad (6)$$

где y – величина деформации элемента при упругом соударении формы с вибростолом, м; $\omega_i - i$ – ая гармоническая составляющая спектра, с⁻¹.

По формуле (6) были проведены расчеты спектрального распределения амплитуд колебаний формы при формировании бетонного изделия длиной 5 м, шириной 2 м и высотой 0,5 м из умеренно жесткой бетонной смеси [10]. Расчетная плотность бетонной смеси ρ 2400 кг/м³, размах рабочего органа – 1,5 мм, основная частота колебаний – 12,5 Гц. Результаты расчета представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, спектр волнового пакета при ударно-вибрационном воздействии на форму с бетонной смесью содержит большое число гармоник. Амплитуды гармоник, начиная со второй по отношению к несущей частоте воздействия изменяются по нелинейному закону в зависимости от параметров системы, основным из которых является жесткость упругого элемента (контакта) между формой с бетонной смесью и рабочим органом формирующей машины.

При вибрационном формировании железобетонных изделий на ударно-вибрационных площадках в реальных заводских условиях из-за несовершенства крепления формы с бетонной смесью к рабочей поверхности виброплощадки, рассогласования дебалансов в секционных блочных виброплощадках и других производственных факторов, нередко возникает неравномерность распределения амплитуд и ускорений колебаний вибростола и ударам формы с уплотняемой бетонной смесью о раму стола. При этом форма с бетонной смесью в общем случае совершает перемещения в трех координатах X , Y , Z и повороты относительно тех же осей.

Исследования движения формы при ее свободной установке на рабочем органе вибромашины и изучение процессов распространения спектра упругих волн в бетонной смеси, выпол-

ненные в работе [10], показали, что спектральный состав частот, распространяющихся в бетонной смеси, априорно шире, чем при одноосных и периодических колебаниях формы, жестко крепящейся к виброплощадке с вертикально-направленными колебаниями. Многокомпо-

нентные колебания формы, реализуемые при ее свободной установке на вибростоле через упругий контакт, генерируют широкий и практически непрерывный спектр частот, передающийся в бетонную смесь.

Таблица 1

Результаты расчета спектра распределения амплитуд колебаний формы

№ гармоники	Частота рабочего органа		$A_b, \text{мм}$
	$\omega_b, \text{с}^{-1}$	$f_b, \text{Гц}$	
1	78,5	12,5	7,64
2	157	25	0,01
3	235,5	37,5	0,8
4	314	50	0,6
5	392	62,5	0,2
6	471	75	0,005
7	549,5	87,5	0,15
8	628	100	0,16
9	706,5	112,5	0,08
10	785	125	0,003
11	863,5	137,5	0,06
12	942	150	0,08
13	1020	162,5	0,04
14	1099	175	0,002
15	1177,5	187,5	0,03
16	1256	200	0,0005

Для определения параметров оптимальных воздействий со стороны рабочего органа формирующей машины на систему «форма–бетонная смесь», проанализируем формулу (6). После соответствующих преобразований ее можно представить в следующем виде:

$$S(\omega_i) = \frac{A_1 \cdot \cos \omega_i \cdot A_2}{(1 - A_3 \cdot \omega_i^2)}, \quad (7)$$

где

$$A_1 = 1,5 \cdot \left(c \cdot y^{3/2} \cdot \delta \right)^{1/2}, \quad (8)$$

$$A_2 = 2,94 \cdot \sqrt[10]{\frac{1,22}{\delta \cdot y^{1,5}}} \cdot \sqrt{\frac{M}{c}}; \quad (9)$$

$$A_3 = 2,94 \cdot \sqrt[10]{\frac{1,22}{\delta \cdot y^{1,5} \cdot c^5}} \cdot M. \quad (10)$$

Оценив вклад отдельных составляющих и проведя некоторые упрощения, выражение (6) можно записать в виде:

$$|S(\omega_i)| = A_1 \cdot |\cos \omega_i \cdot A_2|. \quad (11)$$

Очевидно, что амплитуды спектральных составляющих будут минимальны при значении $|\cos \omega_i A_2| = 1$, откуда

$$\omega_i \cdot A_2 = n \cdot \pi, \quad (12)$$

где $n = 1, 2, 3, \dots$

$$A_2 = \frac{n \cdot \pi}{\omega_i}. \quad (13)$$

При переходе от одной спектральной составляющей к другой (от $\omega_i - \omega_{itl} = \omega$) амплитуды их будут максимальны при условии:

$$A_2 = \frac{\pi}{\omega_t}. \quad (14)$$

После преобразования выражения (9) A_2 можно представить в следующем виде:

$$A_2 = 3 \left(\delta \cdot y^{3/2} \right)^{-0,1} \cdot (\omega_0)^{-1}, \quad (15)$$

где $\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{M}}$ – частота собственных колебаний на упругом элементе.

Подставив выражение (15) в (14) получим:

$$\omega_t = \frac{\pi}{A_2} \cong \frac{\pi}{3} \omega_0 \cdot (\delta \cdot y^{3/2})^{0,1} = 1,04 \omega_0 (\delta \cdot y^{3/2})^{0,1}. \quad (16)$$

В табл. 2 приведены некоторые результаты расчетов значений ω_t при фиксированных значениях $\delta = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $y = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и различных величинах жесткости упругой прокладки c и приведенной массы M .

Из табл. 2. следует, что жесткость упругого контакта, установленного между формой с бетоном и вибростолом, существенно влияет на

спектр колебаний, передаваемый в бетонную смесь.

Таблица 2

Расчетные значения максимальных амплитуд спектральных составляющих

Жесткость упругой прокладки c , Н/м	Приведенная масса M , кг	Частота ω_t , Гц
$8 \cdot 10^7$	88,5	27,9
$6 \cdot 10^7$	76,7	24,5
$5 \cdot 10^7$	49,5	14,1
$4 \cdot 10^7$	36,1	11,6
$3 \cdot 10^7$	27,1	9,3
$2 \cdot 10^7$	19,8	5,2
$1 \cdot 10^7$	12,8	0,5

Для подтверждения теоретических результатов были проведены экспериментальные исследования по изучению спектра волнового пакета в бетонной смеси с гарантированными качественными показателями и с применением метода голографической интерферометрии [10, 15, 16]. В экспериментах изменялась упругость контакта, амплитуда колебаний рабочего органа, соотношения масс формы с бетонной смесью и вибростол, а также частота вибропривода, которая варьировалась в пределах 12,5...350 Гц. В качестве упругих элементов использовались материалы с жесткостью в диапазоне от $0,7 \cdot 10^7$ до $1,66 \cdot 10^{11}$ Н/м.

Программа исследований включала в себя определение частоты и амплитуды гармонических составляющих спектра волнового пакета, распространяющегося в бетонной смеси, эффективного ускорения частиц смеси, вычисляемого по формуле

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \omega_i^2, \quad (17)$$

где a и n – амплитуда и порядок взятой гармоники.

Некоторые результаты экспериментов представлены на рисунке.

Анализ результатов исследований показал, что амплитудно-частотный спектр колебаний, распространяющихся в бетонной смеси, изменяется по сложному закону. При больших жесткостях контакта между формой и рабочим органом формирующей машины распределение амплитуд гармоник просматривается четко. Из анализ выражения (7) видно, что при больших жесткостях c , высокочастотные гармоники, определяемые $\cos \omega_i$, изменяются мало.

При упругом контакте формы с вибростолом через резиновую прокладку с меньшей жесткостью, спектры импульса при соударении имеют более сложное распределение, близкое к закону $(\cos X)/X$. При этом имеет место практическое исчезновение одних гармонических составляющих с возрастанием амплитуды других. Тем самым возникают возможности управлять

спектром путем замены одной упругой прокладки на другую или использовать элементы с регулируемой жесткостью [10, 17].

Таким образом, при использовании упругих прокладок с нелинейными характеристиками в системе "рабочий орган – упругий элемент – форма с бетонной смесью" создаются предпосылки для расширения спектра частот, генерируемых в смесь в очень широких пределах. С энергетической точки зрения, при воздействии на формируемую смесь спектра импульсов, содержащих большое количество составляющих, несущих энергию выше пороговой, процессы виброуплотнения бетонной смеси будут протекать более интенсивно.

Как показано в работах [3, 10], для оценки спектра волнового пакета, распространяющегося в бетонной смеси с успехом можно использовать такой параметр, характеризующий эффективность уплотнения бетонных смесей, как ускорение.

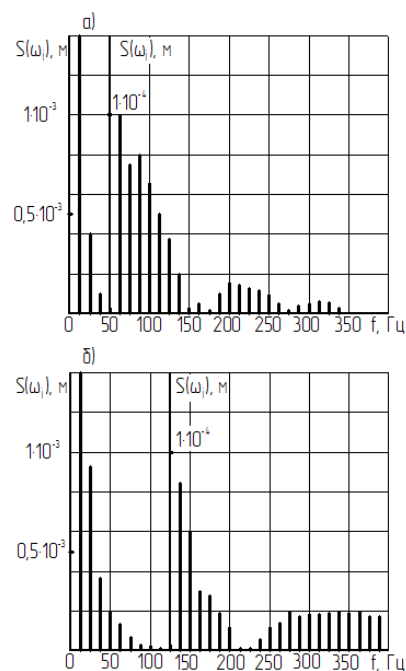


Рис.1. Спектры импульсов в бетонной смеси при соударении формы с вибростолом через резиновые прокладки различной жесткости c : а) $c = 3,53 \cdot 10^7$ Н/м; б) $c = 2,08 \cdot 10^7$ Н/м

Представленные теоретические и экспериментальные исследования хорошо согласуются с результатами работ по созданию виброплощадок с управляемыми упругими элементами, позволяющими в широких пределах изменять параметры колебательного режима (амплитуду, ускорение колебаний и частоту вибраций) [10, 17] и виброплощадок со свободно устанавливаемой на вибростоле формой [18, 19].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусев Б.В., Зазимко В.Г. Вибрационная технология бетона. Киев: Будивельник, 1991. 158 С.
2. Савинов О.А., Лавринович Е.В. Вибрационная техника уплотнения и формирования бетонных смесей. Л.: Стройиздат, 1986. 278 С.
3. Пособие по технологии формирования железобетонных изделий (к СНиП 3.09.01-85) / Гусев Б.В., Аксельрод Е.З., Звездов А.И., и др. М.: Стройиздат, 1988. 111 С.
4. Олехнович К.А., Зазимко В.Г. Основные тенденции развития станкового уплотнения бетонных смесей // Новое в технологии сборного железобетона. М.: Знание, 1985. С. 90–96.
5. Волков Л.А., Генкин С.А., Лепеев В.Ф. Универсальные виброударные площадки с многокомпонентными колебаниями // Строительные материалы. 1996, №5. С. 6–7.
6. Гусев Б.В., Деминов А.Д., Крюков Б.И. и др. Ударно-вибрационная технология уплотнения бетонных смесей. М.: Стройиздат, 1982. 152 С.
7. Гусев Б.В. Теория и практика уплотнения бетонных смесей при низкочастотных режимах вибрации: Автореф. дис. докт. техн. наук. М.: 1977. 25 С.
8. Васильев В.Г., Анатоллы Ф.Н., Ракишев Т.А. Эффективные режимы для создания оборудования по уплотнению бетонных смесей: Тез. Всесоюз. науч.-техн. конф. «Проблемы формирования при изготовлении изделий сборного железобетона». Челябинск, УСДЭНТП, 1991. С. 18–20.
9. Васильев В.Г., Зиновьев Е.Г. Разработка и исследование асимметричной безударной виброплощадки. Моск. ин-т коммун. хоз-ва и стр-ва. М., 1999. 15 С. - Деп. ВИНТИ, № 744-B99.
10. Зиновьев Е.Г. Формование крупноразмерных железобетонных изделий с применением управляемых режимов виброуплотнения: дис... канд. техн. наук. М., 1989. 257 С.
11. Васильев В.Г. Выбор оптимальных параметров ударно-вибрационных площадок // Механизация строительства. 2015. № 11. С.30–33.
12. Богданов В.С., Шарапов Р.Р., Фадин Ю.М., Семикопенко И.А., Несмеянов Н.П., Герасименко В.Б. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий: учебник. Старый Оскол: 2012.
13. Карамзин В.Е. Некоторые особенности поведения бетонной смеси при станковом вибрировании // Технология вибрирования железобетонных изделий. М: Стройиздат, 1970. С.67–84.
14. Харкевич А.А. Спектры и анализ. М.: Физматгиз, 1962. 236 С.
15. Зиновьев Е.Г. Разработка методики исследований системы "машина – среда" при реализации различных колебаний / Зиновьев Е.Г., Васильев В.Г., Парфенов Е.П. Моск. ин-т коммун. хоз-ва и строит. М., 1999. 12 С. - Деп. ВИНТИ, № 745-B99.
16. Шарапов Р.Р., Шаптала В.Г., Алфимова Н.И. Прогнозирование дисперсных характеристик высокодисперсных цементов // Строительные материалы. 2007. № 8. С. 24–25.
17. Зиновьев Е.Г., Васильев В.Г., Серов А.В. Виброплощадка с регулируемыми параметрами. Моск. ин-т коммун. хоз-ва и стр-ва. М., 2001. 10 С. Деп. ВИНТИ, № 399-B2001.
18. Пат. 2002615 Российская Федерация, МПК7 В 28 В 1/08. Виброударная площадка для уплотнения бетонной смеси в форме / С.А. Генкин, В.Ф. Лепеев, Е.В. Пархаев; заявитель Всесоюзное научно-производственное объединение "Энерготехпром", патентообладатель Генкин С.А. - № 5040009/33, заявл. 28.12.93; опубл. 15.11.1993, Бюл. № 41.
19. Пат. 2252137 Российская Федерация, МПК7 В 28 В 1/087. Виброплощадка / А.В. Овчинников, В.Н. Барышников, Л.А. Волков, А.Г. Пыжиков; заявители и патентообладатели Овчинников А.В., Барышников В.Н., Волков Л.А., Пыжиков А.Г. - № 2004126119/03, заявл. 30.08.2004; опубл. 20.05.2005.

Telichenko V.I., Vasiliev V.G.

THE INVESTIGATION OF THE SPECTRUM OF PULSES IN CONCRETE UNDER SHOCK AND VIBRATION MOLDING

Improving the efficiency of vibroforming of concrete products is inextricably linked to the choice of rational modes of vibration effects on the sealing compound and the optimal parameters up tapping equipment. The article discusses the propagation of a wave packet under shock vibration exposure to the mold with the concrete mixture and investigated the spectrum of pulses propagating in the concrete mix. Studies have shown

that the spectrum of a wave packet under shock vibration exposure to the mold with the concrete mixture contains a large number of harmonics, the amplitude of which changes according to the nonlinear law, depending on the system parameters, the main of which is the stiffness of the elastic element between the form with concrete mix and work on the bending machine. Thus, by changing the stiffness of the elastic strips can widely change the amplitude-frequency spectrum of oscillations propagating in the concrete mix and thereby adjust the intensity of the process of vibroforming. The results of theoretical and experimental studies agree well with the works on creation of vibratory plates with adjustable parameters and vibratory plates with a freely mounted on a vibrating table form.

Key words: vibration molding, concrete mix, variations.

Теличенко Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, президент.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: PRESIDENT@mgsu.ru

Васильев Виталий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация строительства»

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: vasilievvg@yandex.ru

DOI: 10.12737/article_58e61337dc87e3.47326544

Герасимов М.Д., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА АСИММЕТРИИ ВЫНУЖДАЮЩЕЙ СИЛЫ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ВИБРАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА НАПРАВЛЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ*

mail_mihail@mail.ru

Разработчики современных технологий производства строительных материалов и производства строительных работ всё чаще обращаются к использованию асимметричных направленных колебаний. Асимметричные направленные колебания имеют ряд преимуществ по сравнению с обычными, симметричными, направленными колебаниями. Методика получения асимметричных колебаний решается путём последовательного соединения нескольких ступеней элементарных вибраторов с направленными колебаниями. Такие методы получения асимметричных колебаний теоретически уже отработаны. Важным вопросом в развитии теории получения асимметричных колебаний является вопрос получения больших значений коэффициента асимметрии. Решению данной задачи посвящена настоящая статья.

Ключевые слова: вибратор, элементарный вибратор с направленными колебаниями, ступень элементарных вибраторов, многоступенчатый вибрационный механизм, вынуждающая сила, коэффициент асимметрии вынуждающей силы, ряд Фурье.

Введение. В области разработки вибрационных машин для технологических процессов постоянно ведутся научные работы и исследования [1–3], которые позволяют получать технологические и конструктивные параметры с высокой степенью обоснованности. Особую роль в современных вибрационных машинах приобретают механизмы, которые генерируют асимметричную вынуждающую силу [4–7].

Для выполнения ряда специальных работ, наряду с одновальными и двухвальными дебалансными вибраторами направленных колебаний, применяют мультивибрационные устройства. Технические решения с мультивибрационными устройствами дебалансного типа известны. Так, в патенте Великобритании GB № 88293; B06B1/16, 1961, [8] дано описание такого мультивибрационного устройства. Оно включает три ступени из пар синхронно вращающихся

в противоположных направлениях неуравновешенных масс (дебалансов). Дебалансы смонтированы на валах, которые между собой соединены зубчатыми колесами и цепной передачей с двигателем. Компоновка узлов такова, что их силовые векторы направлены вдоль одной и той же линии действия. Такое устройство при относительно небольших габаритах и массе, и к тому же при регулировании массы дебалансов, их эксцентриситета и частоты вращения, дают возможность получать различные и значительные по величине инерционные силы, рис. 1. Недостатком таких устройств является необходимость установки дополнительной массы – пригруза с целью снижения подъёмной силы устройства, в случае погружения или уплотнения.

Примером совершенствования многоступенчатых, мультивибрационных, устройств может служить техническое решение [9].

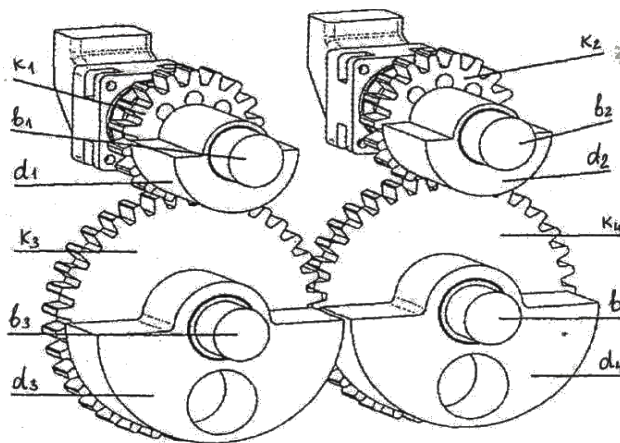


Рис. 1. Схема многоступенчатого, в данном случае двухступенчатого, вибрационного механизма с направленными колебаниями по патенту US 7804211. B06B 1/16. 2010

Одна из модификаций такого технического решения включает связанные с приводом через зубчатые колёса четыре группы валов с дебалансами, причём отношение скоростей вращения группы валов относительно друг друга составляет $1 : 2 : 3 : 4$ при соотношении статических моментов их дебалансов $100 : 18,72 : 5,8 : 1,38$. На рис. 1 представлен фрагмент из двух групп (двух ступеней, двух пар) вибраторов с направленными колебаниями. Вибрационный многоступенчатый механизм позволяет получить асимметричные колебания, т.е. асимметричную вынуждающую силу.

Аналогичные работы [10] в области генерирования асимметричных колебаний велись и отечественными учёными, получивших в этой области ряд технических решений.

Так, универсальное вдавливающее устройство по патенту РФ (RU 2388868; E02D7/00; 2010) представляет собой зубчатый инерционный самобалансный полигармонический вибратор. Устройство имеет корпус, несущий снаружи грузовую траверсу, направляющие и сменный свайный наголовник. Наголовник содержит внутри пары дебалансных зубчатых колёс и валов. Валы смонтированы в подшипниках единого корпуса в два равнозначных вертикальных ряда. Зубчатые колёса в мультиплицирующем порядке связаны между собой в вертикальных рядах и между рядами через начальную пару. Верхние зубчатые колёса кинематически связаны с равнозначным приводом вращательного движения в виде двух асинхронных с частотным преобразователем двигателей. Порядок угловых скоростей вращения каждого из валов, по отношению к начальной паре, выбран кратным и целочисленным из диапазона $1 \dots 7$. Углы сдвига фаз каждой дополнительной пары относительно начальной установлены равными нулю.

Компоновка всего механизма выполнена с обеспечением размещения его центра масс на одной вертикали с продольной осью погружаемого элемента. При этом обеспечивается то, что собственный вес превышает величину наименьшего сопротивления срыву погружаемого элемента.

Этот дебалансный вибровозбудитель направленного действия [10] позволяет при семикратной асимметрии вынуждающей силы обеспечить в плавном (безударном) режиме погружение свай в грунт.

Однако, в задачу создания многоступенчатых вибрационных механизмов с асимметричной вынуждающей силой входит, прежде всего, вопрос создание такого способа вибровозбуждения и реализующего его устройства, которые позволяли получать коэффициент силовой

асимметрии требуемой величины при меньшем количестве элементарных вибровозбудителей, ступеней, за счёт получения и использования релевантной решаемой задачи закона изменения вынуждающей силы.

Рассмотрим дебалансный вибровозбудитель направленного действия [11], рис.1. Он включает корпус и n ступеней элементарных вибровозбудителей $2i$ ($i=1, \dots, n$). Каждая ступень элементарных вибровозбудителей содержит пару горизонтальных параллельных валов $3i$ и $4i$, несущих дебалансы $5i$ и $6i$, т.е. по своей сути является мультидебалансным. Валы $3i$ и $4i$ установлены в подшипниках $7i$ и $8i$ корпуса 1 и образуют два вертикальных ряда 9 и 10, кинематически связанных между собой. Вращение валов осуществляется приводом вращательного движения 11.

Кинематическая связь между валами вертикальных рядов двух ветвей 13 и 14 осуществляется через зубчатую передачу внешнего зацепления 12. Передаточное соотношение смежных пар колес ($13i-1, 13i$) и ($13i, 13i+1$), а также ($14i-1, 14i$) и ($14i, 14i+1$), представляет натуральный ряд чисел от 1 до n пар валов $3i$ и $4i$.

Зубчатая передача 12 обеспечивает синхронное вращение валов 3 и 4, в противоположных направлениях, причем зубчатые колеса 131 и 141 валов 31 и 41 первого элементарного вибровозбудителя 21 находятся в зацеплении.

Привод вращательного движения 11 выполнен в виде асинхронного с частотным преобразователем двигателя. Размещен привод внутри корпуса 1 и его кинематическая связь с двумя рядами 9 и 10 валов осуществлена в их средней части (с помощью двух одинаковых зубчатых колес 11а и 11б, входящих в зацепление между собой и колесами 13i и 14i соответственно). Зубчатое колесо 11а зафиксировано на валу 11в двигателя 11, а зубчатое колесо 11б размещено на оси 11г).

Конструктивно дебалансы $5i$ и $6i$ могут быть размещены на валах $3i$ и $4i$ или на зубчатых колесах (не показано). Статические моменты $m_i g_i$ масс m_i при эксцентриситетах g_i парных валов $3i$ и $4i$ имеют одинаковые размеры и установлены синфазно. Причем, относительно первоначального положения первой пары валов 31 и 41 размеры начальной фазы $\varphi_i=0$ (на чертеже начальная фаза не обозначена).

Корпус 1 снабжен подъемной П-образной рамой 15, связанной с боковыми частями 16 и 17 корпуса 1 с возможностью поворота на 180° , например, с помощью соосных шарниров 18 и 19, с последующей фиксацией в крайних положениях винтами 20 и 21. Для этого в боковых частях 16 и 17 корпуса 1 выполнены две пары

соосных отверстий 1а, 1б и 1в, 1г для ввода концов 20а и 21а соответственно винтов 20 и 21, образующих резьбовые соединения 15а и 15б с рамой 15.

Геометрическая ось 30 связи (шарниров 18 и 19) рамы 15 с корпусом 1 проходит через центр Ц массы поворотной несъемной части вибровозбудителя.

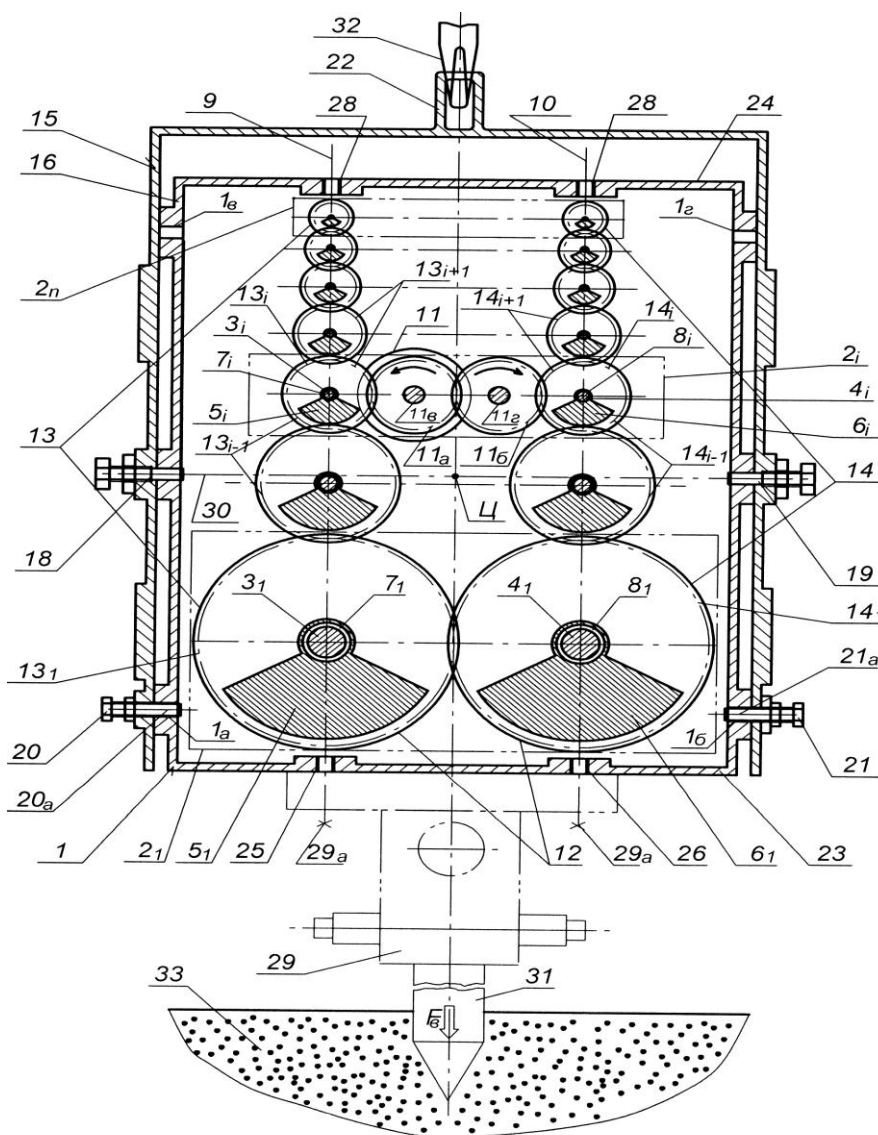


Рис. 2. Вибровозбудитель направленных колебаний с асимметричной вынуждающей силой

1 – корпус; 2 – n ступеней элементарных вибровозбудителей; 3 и 4 – горизонтальные параллельные валы, 5 и 6 – дебалансы; 7 и 8 – подшипники; 9 и 10 – два вертикальных дебалансных ряда; 11 – зубчатые колёса привода; 12 – зубчатая передача синхронизации вращения валов; 13, 14 – зубчатые колёса; 15 – П-образная рама; 16, 17 – боковые части корпуса 1; 18, 19 – соосные шарниры, 20, 21 – винты; 22 – захватный кольцеобразный элемент; 23, 24 – нижний и верхний торцы корпуса 1; 25, 26, 27, 28 – резьбовые гнезда; 29 – съёмный свайный наголовник; 30 – геометрическая ось; 31 – свая; 32 – крюк; грунт

Статические моменты $m_i r_i$ дебалансов 5_i (6_i) i -х ступеней элементарных вибровозбудителей 2, связаны со статическим моментом $m_1 r_1$ дебалансом 5_1 (6_1) первой ступени вибровозбудителя 21 соотношением

$$\frac{m_1 r_1}{m_i r_i} = i^2 \cdot (n - i)! \cdot (n + i) / [(n - 1)! \cdot (n + 1)!]$$

где n – количество пар валов 3_i и 4_i (количество ступеней элементарных вибровозбудителей 2_i), при предварительных расчетах $n = p$, r_i , r_1 – экс-

центриситет масс m_i , m_1 дебалансов 5_i (6_i), i – передаточное отношение зубчатой передачи 12 (представляющей натуральный ряд чисел от 1 до n).

Рассмотренный дебалансный вибровозбудитель направленного действия реализует способ направленного инерционного вибровозбуждения. Этот способ заключается в получении результирующей асимметричной вертикально направленной вынуждающей силы F . Составляющие F_i вынуждающей силы F генерируют с

помощью n ступеней элементарных вибровозбудителей $2i$ направленного действия. Генерирование колебаний осуществляется при кратном, в виде натурального ряда чисел от 1 до n , отношении угловых скоростей ω_i вращения валов $3i$ и $4i$ к угловой скорости ω_1 валов первого элементарного вибровозбудителя и уменьшении размеров статических моментов $m_i g_i$ масс m_i дебалансов $5i$ ($6i$) с эксцентриситетами g_i при

$$F_{(p-k)} = A \cdot [2^{2p-1}]^{-1} \cdot (2p)! \cdot [k! \cdot (2p-k)!]^{-1} \cdot \cos(p-k) \cdot \omega_{(p-k)} t, \quad (2)$$

где $k = 0, 1, 2, \dots, (p-1)$, $2p$ – порядок зависимости $F(t)$, p – порядок наивысшей гармоники, A – амплитуда изменения вынуждающей силы F , определяющие составляющие $F_i = F(p-k)$ вынуждающей силы F и обеспечивающие необходимый задаваемый коэффициент её асимметрии k_a . Коэффициент асимметрии k_a определяем как отношение максимальной по модулю величины вдавливающей F_v к величине подъёмной F_p составляющей вынуждающей силы, при приемлемом количестве n элементарных вибровозбудителей, ступеней, удовлетворяющему условию: $n \leq p$, а $|F_v| + |F_p| = A$.

Ступени элементарных вибровозбудители $2i$ представляют собой двухдебалансные вибраторы, создающие направленные силы инерции, изменяемые по гармоничному закону, представляют (с учётом кинематической связи их валов с передаточными отношениями зубчатых колёс в виде ряда натуральных чисел) гармоники ряда Фурье.

Для четной функции $f(x)$ ряд Фурье [12] имеет вид

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{p=1}^{\infty} a_p \cos px \quad (3)$$

$$A \cos 2p(x/2) = A \cdot (2p)! / [2^{2p} (p!)^2] + A / 2^{2p} - 1 \sum_{k=0}^{p-1} (2p)! \cdot (k!)^{-1} \cdot [(2p-k)!]^{-1} \cdot \cos(p-k)x \quad (8)$$

С учетом физической сущности процесса переменную x можно представить как ωt , где ω – угловая скорость (угловая частота) вращения вала, t – время в пределах периода T . При этом, в зависимости (8) меняется вид последнего сомножителя (x заменяется на ωt), а в гармониках $A \cos i \omega t$ ряда Фурье A , соответствуют силе F_i , генерируемой i -м вибровозбудителем.

Второе слагаемое зависимости (8) представляет сумму гармоник и после замены x на ωt

$$F_7 = A \cos^{2p}(x/2) - A \cdot \frac{a_0}{2} = A [1/8192 \cdot (3003 \cos x + 2002 \cos 2x + 1001 \cos 3x + 364 \cos 4x + 91 \cos 5x + 14 \cos 6x + \cos 7x)]. \quad (8a)$$

По зависимости (8a) получаем следующие соотношения, пропорциональные генерируемым i -ми вибровозбудителями силам F_i :

$$A_1/A = 3003/8192, \quad A_2/A = 2002/8192, \quad A_3/A = 1001/8192, \quad A_4/A = 364/8192, \quad A_5/A = 91/8192, \\ A_6/A = 14/8192, \quad A_7/A = 1/8192.$$

увеличении угловых скоростей ω_i . Режим генерирования составляющих F_i возбуждающей силы F осуществляют по закону её изменения, определяемой зависимостью

$$F = F(t) = A \cos^{2p}(\frac{\omega t}{2}), \quad (1)$$

разложение которой в ряд Фурье содержит гармоники $(p-k)$ порядка

где коэффициенты Фурье

$$a_0 = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\pi} f(x) \quad (4)$$

$$a_p = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\pi} f(x) \cdot \cos px \cdot dx \quad (5)$$

Из зависимости (3) получаем

$$\frac{a_0}{2} = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{\pi} f(x) dx = f^*(x) \quad (6)$$

где $f^*(x)$ – среднее арифметическое функции $f(x)$ на отрезке $[0, \pi]$.

В качестве базовой функции для представления закона изменения вынуждающей силы для дебалансного вибровозбудителя направленного действия мультипликативного типа можно принять на интервале $-\pi \leq x \leq \pi$ функцию

$$f(x) = \cos^{2p}(\frac{x}{2}) \quad (7)$$

для которой среднее арифметическое значение

$$f^*(x) = \frac{a_0}{2} = \frac{A}{\pi} \cdot \int_0^{\pi} \cos^{2p}(\frac{x}{2}) dx = A \frac{(2p)!}{[2^{2p} (p!)^2]} \quad (6a)$$

и, которая может быть представлена конечным рядом из n переменных членов (от $k = 0$ до $k = p-1$) в виде

каждая из них может быть представлена зависимостью (2).

С помощью зависимости (8) можно количественно оценить эффективность вибровозбуждения. Принимаем количество ступеней элементарных вибровозбудителей $n=p=7$.

После преобразования и подстановки $p=7$ во второе слагаемое зависимости (8) для вынуждающей силы $F(7)$ имеет вид:

Так как шестым и седьмым соотношениями амплитуд из ряда (8б) из-за незначительной их величины можно пренебречь, то практически достигается тот же силовой эффект и при пяти вибровозбудителях при законе изменения вынуждающей силы $F = \cos 2\pi x/2$.

Из зависимости (2) с учетом конечности ряда при $x=0$ имеем

$$\sum_{k=0}^p a_p = f(0) - \frac{a_0}{2} = F_B \quad (9)$$

а при $x = \pi/2$

$$\sum_{k=0}^p (-1)^k a_p = f\left(\frac{\pi}{2}\right) - \frac{a_0}{2} = -F_{\Pi} \quad (10)$$

Параметры F_B и F_{Π} обеспечивают оценку точности приближения ряда Фурье к функции $f(x)$ при конечном числе n членов ряда.

Для монотонно убывающей функции $f(x)$ вибрационная система может быть оценена коэффициентом динамичности

$$k_d = |F_B/F_{\Pi}| = \frac{|f(0)-f^*(x)|}{f^*(x)} = k_a \quad (11)$$

т.е. коэффициенты динамичности системы и асимметрии вынуждающей силы совпадают, а параметры F_B и F_{Π} является соответственно модулями вдавливающей и подъемной вынуждающей силы F .

Амплитуда или общая сила

$$A = |A_B| + |A_{\Pi}| \quad (12).$$

где A_B и A_{Π} - амплитуды вдавливающей силы и подъемной силы соответственно. Подъемная сила

$$F_{\Pi} = G_B + G_C - A_{\Pi} \quad (13)$$

где G_B и G_C - вес вибровозбудителя и вес сваи (естественный пригруз), соответственно, а их сумма является статической нагрузкой.

Получение заранее заданной вдавливающей силы F_B обеспечивается числом гармоник при соответствующем подборе статических моментов.

При увеличении числа ступеней элементарных вибровозбудителей сокращается время действия вдавливающей силы F_B на погружаемый элемент (сваю). Из закона сохранения количества движения следует, что, чем меньше время воздействия F_{Π} , тем больше время действия подъемной силы F_{Π} , тем меньше значение подъемной силы F_{Π} , т.е. уменьшение времени воздействия F_B позволяет получить меньшую подъемную силу F_{Π} .

Задав коэффициентом динамичности (силовой асимметрии) $k_d = k_a = 8$ с учетом статической нагрузки ($G_B + G_C = F_{\Pi}$), строим два графика вынуждающей силы $F(7)$ и $F(5)$ (соответственно при 7 и 5 ступенях элементарных вибровозбудителей) за период T оборота вала первого вибровозбудителя (от 0 до 2π) со сдвигом по оси ординат на размер статической нагрузки (фиг.2). Также наносим график вынуждающей силы F прототипа (при 7 ступенях элементарных вибровозбудителей и $k_d = k_a = 7$).

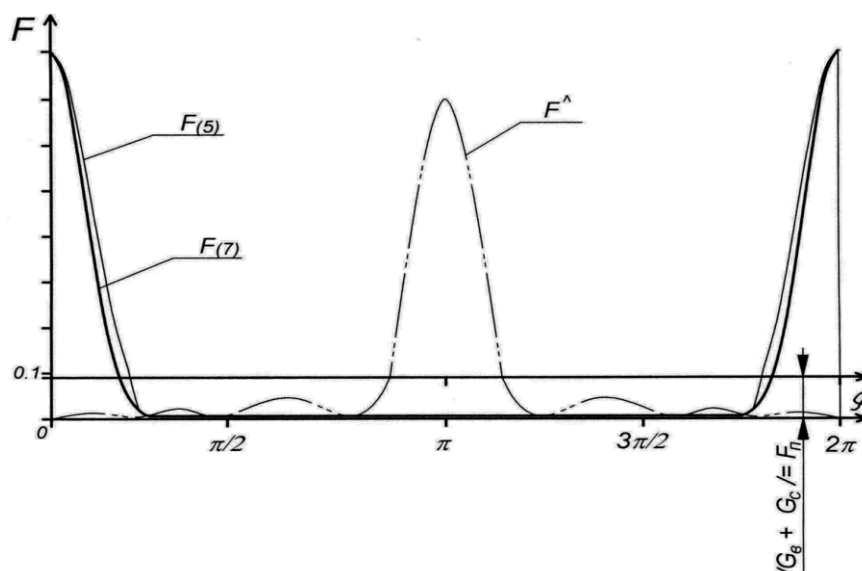


Рис. 3. Графики законов изменения вертикальных вынуждающих сил за один оборот вала первого элементарного вибровозбудителя, генерируемых семью ступенями элементарных вибровозбудителей известного устройства и пятью ступенями элементарных вибровозбудителей рассматриваемой в статье схеме

Судя по графикам изменения вынуждающей силы вибровозбудителя, функция более

гладкая у вибровозбудителя, работающего по условию (1), при большем или равном коэффи-

циенте динамичности (силовой асимметрии) и меньшем количестве ступеней элементарных вибровозбудителей, в сравнении с известными схемами.

Вывод. Исследования многоступенчатых вибрационных механизмов направленных колебаний с асимметричной вынуждающей силой показывают, что при их создании имеется возможность минимизировать количество ступеней элементарных вибровозбудителей с направленными колебаниями для получения заданного коэффициента асимметрии.

**Статья подготовлена в соответствии с Программой стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2017/19 гг.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вайсберг Л.А., Картавый А.Н., Коровников А.Н. Просеивающие поверхности грохотов. Конструкции, материалы, опыт применения. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2005. 252 с.
2. Яцун С.Ф. Вибрационные машины и технологии для переработки гранулированных сред / С.Ф. Яцун, О.Г. Локтионова. Старый Оскол: ТНТ. 2014. 296 с.
3. Жулай В.А. Машины для свайных работ. Конструкции и расчёты: учеб. пособие. Воронеж. Гос. арх.-стрит. Ун-т. Воронеж. 2011. 216 с.
4. Филимоныхин Г.Б., Яцун В.В., Способ возбуждения двухчастотной вибрации пассивными автобалансирами. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 4/7 (76). 2015. С.9–14.
5. Gerasimov M.D., Glagolev S.N., Gerasimov D.M., Mkrtichev O.V. Determination Of The Driving Force's Asymmetry Factor And The Vibrostand's Work's Analysis. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 10, Number 24 (2015) pp 45392-45398
6. Дудкин В.М., Сакимов М.А., Кузнецов П.С. Общая классификация конструкций асимметричных планетарных вибровозбудителей дорожных машин // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. 2005. №1. С. 47–44
7. Герасимов М.Д., Герасимов Д.М., Степанищев В.А. Методика проведения исследований вибрационного устройства с асимметричной вынуждающей силой // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. №9. С.125–130.
8. Патент Великобритании GB № 88293; B06B1/16, 1961
9. Patent US 7,804,211. B06B 1/16. 2010. Vibration Generator. A.Kleibl, Ch.Heichel. Prior Publication Data US2009/0243410A1, 1.10.2009.
10. Патент РФ №2388868 E02D 7/00. Универсальное вдавливающее устройство. Авт. Ермоленко В.Н., Насонов И.В., Суровцев И.С.. Оpubл. Бюл. №13, 10.05.2010.
11. Патент РФ № 2523045 C1. Способ направленного инерционного вибровозбуждения и дебалансный вибровозбудитель направленного действия для его осуществления. Авт. Герасимов М.Д., Исаев И.К., Степанищев В.А. Оpubл. БИ № 20, 20.07.2014. Заявка 2013101101/28 от 09.01.2013.
12. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник АО математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука. 1981. С. 550.

Gerasimov M.D.

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF INCREASING COEFFICIENT OF ASYMMETRIES EXCITING FORCE MULTISTAGE VIBRATING MECHANISM VIBRATION DIRECTIONS

Developers of modern production technologies of building materials and construction works are increasingly turning to the use of asymmetric vibration directions. Asymmetric directed fluctuations have several advantages over conventional, symmetrical, the direction of oscillation. Procedure for the preparation of asymmetric vibrations is achieved by the series connection of several elementary steps vibrator with directional vibrations. Such methods for asymmetric vibrations theoretically have worked. An important issue in the development of the theory of asymmetric vibrations produce is a matter of getting high values of the asymmetry coefficient. The solution to this problem is devoted to this article.

Key words: *Vibrator, elementary vibrator with directional oscillations, stage elementary vibrators, multi-vibration mechanism, the driving force, the driving force of the asymmetry coefficient, Fourier series.*

Герасимов Михаил Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры подъёмно-транспортных и дорожных машин; руководитель учебно-научно-исследовательской лаборатории «Инновационные вибрационные технологии и машины»

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: mail_mihail@mail.ru

*Липчанская Ю.Г., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

ДВИЖЕНИЕ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА В ОБЪЕМЕ УСТРОЙСТВА ВОЗВРАТА КЛИНКЕРНОЙ ПЫЛИ В ХОЛОДИЛЬНИК

uliyalipchanskaya@mail.ru

В последнее время все большую актуальность приобретают вопросы снижения энергозатрат, улучшения условий труда и улучшения существующих технологий производства. Эффективному решению этих вопросов, особенно для сухого способа производства цемента, будет способствовать выявление причин пыления горячего и холодного концов цементных печей и разработка новых, более эффективных устройств для борьбы с пылением горячего и холодного концов цементных печей.

Существующие пылезащитные устройства на горячем и холодном концах цементных печей не обладают достаточным эффектом борьбы с пылением, не обладают достаточной надежностью. Это приводит к тому, что через головку печи в атмосферу и на окружающую производственную территорию попадает значительное количество клинкерной пыли. Кроме того, существующие уплотнения, обладающие небольшой эффективностью в борьбе с пылением, приходится часто менять по причине износа и непригодности для дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: цемент, цементные печи, пыление, уплотнения, износ.

Введение. Борьба с пылением является одним из самых злободневных вопросов в различных отраслях промышленности. В настоящее время существуют различные способы и устройства для борьбы с пылением. Это использование орошения пылящей массы водой, и применение разного рода форсунок, и создание воздушных завес и т.д. Но ни одно из применяемых устройств или способов не может быть с достаточной эффективностью использовано для борьбы с пылением головки цементной печи, особенно для сухого способа производства цемента. В настоящее время подавляющем большинстве печей роль борьбы с пылением выполняют механические уплотнения, служащие в основном для сокращения подсосов холодного воздуха в печь [1].

Эффективность этих устройств в борьбе с пылением очень низка, хотя устройства эти по принципу действия имеют различные виды. Это и лабиринтные уплотнения, и аэродинамические уплотнения, и уплотнения, работающие по принципу непосредственного контакта уплотняющего элемента и корпуса печи. Учитывая все вышеизложенное можно сделать вывод, что назрела насущная необходимость создания принципиально новых способов и устройств для борьбы с пылением горячего и холодного концов цементных печей, особенно печей сухого способа производства цемента [2]. Но в основу такой работы должны быть положены квалифицированные и методические исследования причин пыления горячего и холодного концов цементных печей.

Основная часть. Было разработано устройство возврата клинкерной пыли в холодильник.

Данная разработка относится к устройствам предотвращающим выброс клинкерной пыли в атмосферу через уплотнительное устройство и возвращения ее через холодильник во вращающуюся печь на дальнейшую переработку, а также направленно на полное удаление просыпи пыли и снижение пылеобразования. В результате происходит качественная очистка устройства с удалением пыли в холодильник в спокойном состоянии (без пыления).

Разработанное устройство имеет следующие преимущества:

1. Снижается необходимость дополнительного подогрева воздуха, который поступал через пневмоструйную камеру для чистки трубопровода;
2. Устраняется смешивание пыли с воздухом в результате чего не образовывается пыльное облако, которое затеняет тепловое излучение пламени холодильника;
3. Устраняется вовлечение пылевого облака в печь [3].

Для определения массы воздуха поступающего в устройство возврата клинкерной пыли воспользуемся соотношением [4]:

$$m_g = V_1 \cdot \rho_g, \quad (1)$$

где V_1 – объем устройства возврата клинкерной пыли.

Значение этого объема равно:

$$V_1 = V_k - V_{\text{ц}}, \quad (2)$$

где V_k – объем усеченного конуса; $V_{\text{ц}}$ – объем цилиндра.

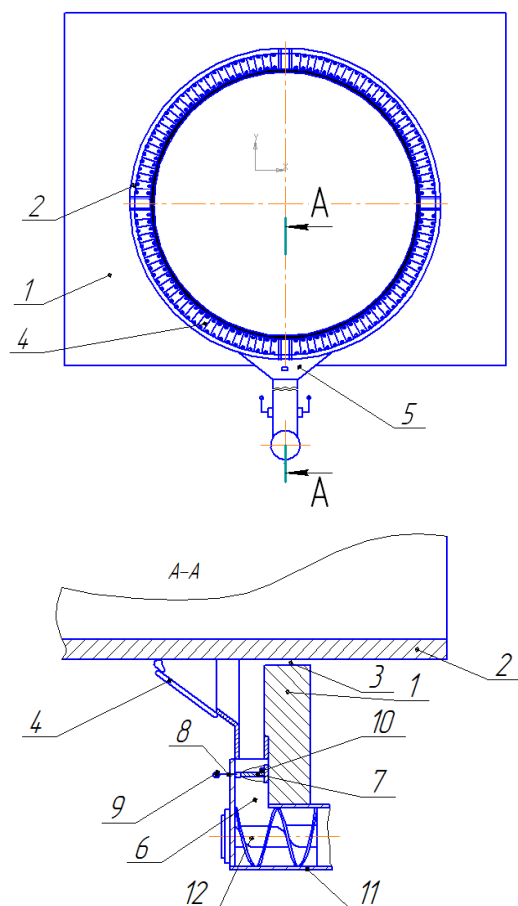


Рис. 1. Устройство возврата клинкерной пыли в холодильник: 1 – боковая стенка холодильника; 2 – вращающаяся печь; 3 – зазор; 4 – устройство лепесткового типа; 5 – конический бункер; 6 – вертикальный трубопровод; 7 – регулируемая заслонка; 8 – резьбовой рычаг; 9 – регулировочные грузы; 10 – упор; 11 – горизонтальный трубопровод; 12 – вращающийся шнек

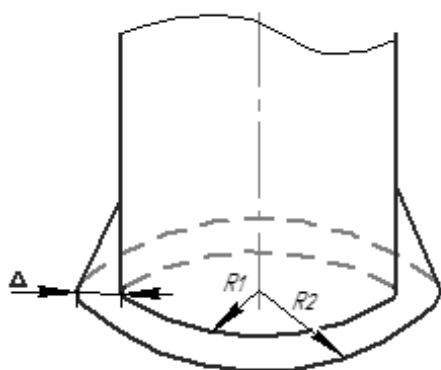


Рис. 2. Расчетная схема, определяющая движение двухфазной среды

$$m_n = \pi h_0 \Delta \left(R_1 + \frac{\Delta}{3} \right) \frac{R\mu}{RT} \cdot C_H \left[1 - \frac{\omega t_{cp}}{2\pi} \left(1 - e^{-\frac{2\pi}{\omega t_{cp}}} \right) \right]. \quad (13)$$

Вывод. Проанализировав движение двухфазного потока в объеме устройства возврата клинкерной пыли в холодильник, сделали вывод, что полученное соотношение (13) опреде-

Согласно расчетной схемы, представленной на рисунке 2 находим [5]:

$$V_k = \frac{\pi}{3} h_0 (R_2^2 + R_1 R_2 + R_1^2), \quad (3)$$

где h_0 – длина устройства возврата клинкерной пыли;

R_1 и R_2 – соответственно радиусы усеченного конуса и цилиндра;

причем:

$$R_2 = R_1 + \Delta, \quad (4)$$

где Δ – величина радиального зазора.

Подстановка (4) в (3) приводит к результату:

$$V_k = \frac{\pi}{3} h_0 (3R_1^2 + 3R_1\Delta + \Delta^2), \quad (5)$$

Объем цилиндра, представленного на рисунке 2б равен:

$$V_y = \pi R_1^2 h_0 \quad (6)$$

Подстановка (5) и (6) в (3) приводит к следующему результату:

$$V_1 = \pi h_0 \Delta \left(R_1 + \frac{\Delta}{3} \right), \quad (7)$$

С учетом (7) формула (1) принимает вид:

$$m_g = \pi h_0 \Delta \left(R_1 + \frac{\Delta}{3} \right) \cdot \rho_g, \quad (8)$$

$$\rho_g = \frac{P \cdot \mu}{RT}, \quad (9)$$

Подстановка (9) в (8) приводит к следующему результату:

$$m_g = \pi h_0 \Delta \left(R_1 + \frac{\Delta}{3} \right) \cdot \frac{P \mu}{RT}, \quad (10)$$

На основании полученного соотношения (10) можно найти массу пылевидных частиц клинкерной пыли поступающей в устройство возврата.

$$C_{cp} = C_H \left[1 - \frac{\omega t_{cp}}{2\pi} \left(1 - e^{-\frac{2\pi}{\omega t_{cp}}} \right) \right]. \quad (11)$$

Величина данной массы клинкерной пыли на основании (10) и (11) имеет вид:

$$m_n = C_{cp} \cdot m_g. \quad (12)$$

С учетом (10) и (11) выражение (12) принимает вид:

ляет массу пылевидных частиц клинкерной пыли которая аккумулируется в устройстве возврата и затем возвращается назад в холодильную камеру [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондаренко Ю.А., Федоренко М.А., Санина Т.М., Афонин В.Г., Антонов С.И. Система устранения выброса пыли в атмосферу // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 67–68.
2. Федоренко М.А. Лепестковое уплотнительное устройство для цементных вращающихся печей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. №4. С. 49–52.
3. Пат. 151661. Российская федерация. МПК F27B/24 Устройство возврата клинкерной пыли в холодильник / Федоренко М.А., Антонов С.И., Бондаренко Ю.А., Санина Т.М., Липчанская Ю.Г.
- заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2014143302/02, заявл. 27.10.14 ;опубл. 10.04.15, Бюл. № 10. 3 с.
4. Бондаренко Ю.А., Федоренко М.А. Устройство для обеспечения вращения крупногабаритных вращающихся агрегатов//Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2016. С. 31–33.
5. Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Липчанская Ю.Г. Анализ конструктивных особенностей уплотнительных устройств печных агрегатов//Национальная Ассоциация Ученых. 2016. № 17-1 (17). С. 57–59.
6. Федоренко М.А. Конструктивно – технологические методы и способы восстановления работоспособности цементных вращающихся печей. Белгород: Изд- во БГТУ, 2007.195с.

Lipchanskaya Y.G.**MOVEMENT TWO-PHASE FLOW IN THE VOLUME OF THE DEVICE RESET CLINKER DUST IN THE REFRIGERATOR**

In recent years, more and more urgent question of reducing energy consumption, improving working conditions and improving the existing production technologies. Effectively address these issues, especially for dry cement production method will help to identify the causes dusting of hot and cold ends of the cement kilns and to develop new, more effective devices for controlling dusting of hot and cold ends of the cement kilns. Existing devices for dust and cold ends of the hot cement kilns do not have sufficient effect pollination combat lack sufficient reliability. This leads to the fact that in a head in the furnace atmosphere and the surrounding area misses production a considerable amount of clinker dust. In addition, the existing seal, having a little efficiency in the fight against dusting, you often change due to wear and unsuitable for further use.

Key words: cement, cement kilns, dusting, seal wear.

Липчанская Юлия Геннадиевна, аспирант кафедры технология машиностроения
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: uliyaipchanskaya@mail.ru

DOI: 10.12737/article_58e613378c7037.64936691

Шрубченко И.В., д-р техн. наук, проф.,
Хуртасенко А.В., канд. техн. наук, доц.,
Гончаров М.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

КОНТАКТНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ БАНДАЖЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАРАБАНОВ

msgon@ya.ru

Рассмотрено контактное взаимодействие опорного ролика и бандажа технологического барабана. Составлены расчетные модели позволяющие исследовать влияние процесса обработки на пятно контакта. Проанализировано изменение контактных напряжений при различном пути и глубине резания. Определены условия образования зазоров. Предложены технологические способы, обеспечивающие сохранение контактной прочности рабочих поверхностей бандаж и ролика в процессе обработки. Расчеты выполнены в среде NX Advanced Simulation Расширенная симуляция (Siemens PLM Software Inc.).

Ключевые слова: мобильные технологии, технологические барабаны, бандаж, опорные ролики, контактная прочность, пятно контакта.

Введение. Мобильные технологии восстановительной обработки крупногабаритных деталей находят все более широкое применение в ремонтном сервисе промышленного оборудования содержащего технологические барабаны (ТБ) [1, 2, 3, 4].

Особенностью таких технологий является восстановительная обработка поврежденных деталей без остановки производства в работающем агрегате. Такое воздействие обязательно оказывает влияние на движение всего ТБ. Например, изменение в процессе обработки размеров и формы поверхностей качения бандаж и опорных роликов при многоопорном базировании корпуса ТБ влияет на его равновесие, может привести к изменению над ремонтируемой опорой положения оси вращения ТБ и как следствие возрастанию сопротивлений движению, увеличению прогибов корпуса ТБ и появлению нежелательных деформаций.

Это скажется не только на напряженно-деформированном состоянии поверхностных слоев материала на пятне контакта между бандажом и роликом, но и на контакте инструмента с обрабатываемой поверхностью, т.е. может повлиять на результат самой обработки.

Таким образом, не смотря на многочисленные позитивные результаты исследований в этой области [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11], остаются не ясными условия при которых восстановительная обработка бандаж не окажет негативного влияния на функционирование ТБ и контактную прочность поверхностей качения бандаж и опорного ролика.

Поэтому, представляет интерес анализ влияния процесса восстановительной обработки

профиля бандаж на контактную прочность поверхностей качения и в целом на функционирование технологического барабана.

Методика исследования. Поставленную задачу будем рассматривать при следующих допущениях:

1. Механическая обработка проводится при постоянной температуре (тепловые деформации не учитываются).
2. На корпус ТБ от его привода действует только постоянный крутящий момент (изгибающие, осевые, упругие и инерционные нагрузки не учитываются).
3. Бандаж вращается вместе с корпусом ТБ (проскальзывания между ними отсутствуют) с постоянной скоростью.
4. Между бандажом и опорными роликами скольжение отсутствует.
5. Опоры роликов не имеют погрешностей и являются абсолютно жесткими.
6. Ролики имеют номинальные форму и размеры.

Рассмотрим влияние механической обработки поверхности качения на пятно контакта между бандажом и роликом. Используем для этого конечно-элементную модель (рис. 1) построенную в NX Advanced Simulation Расширенная симуляция (Siemens PLM Software Inc.) [12, 13].

Внесем в модель небольшие изменения. Ролик по-прежнему будем представлять полым неподвижным (по всем осям координат) цилиндром (с размерами: длина 1100 мм, внешний диаметр – 1500 мм, внутренний диаметр – 600 мм). А на поверхности качения бандаж, моделируемого в виде цилиндрического сегмента

(длина 1000 мм, внешний диаметр – 6100 мм, внутренний диаметр – 4550 мм), выделим участок прошедший механическую обработку. Обозначим его как участок 1, а оставшуюся необработанную поверхность соответственно участок 2. Будем считать, что на всем протяжении

участка 1, определяемом (слева на право) по направлению продольной подачи, радиус профиля наружной поверхности меньше исходного на величину глубины резания. Это является причиной изменения пятна контакта вплоть до появления зазора.

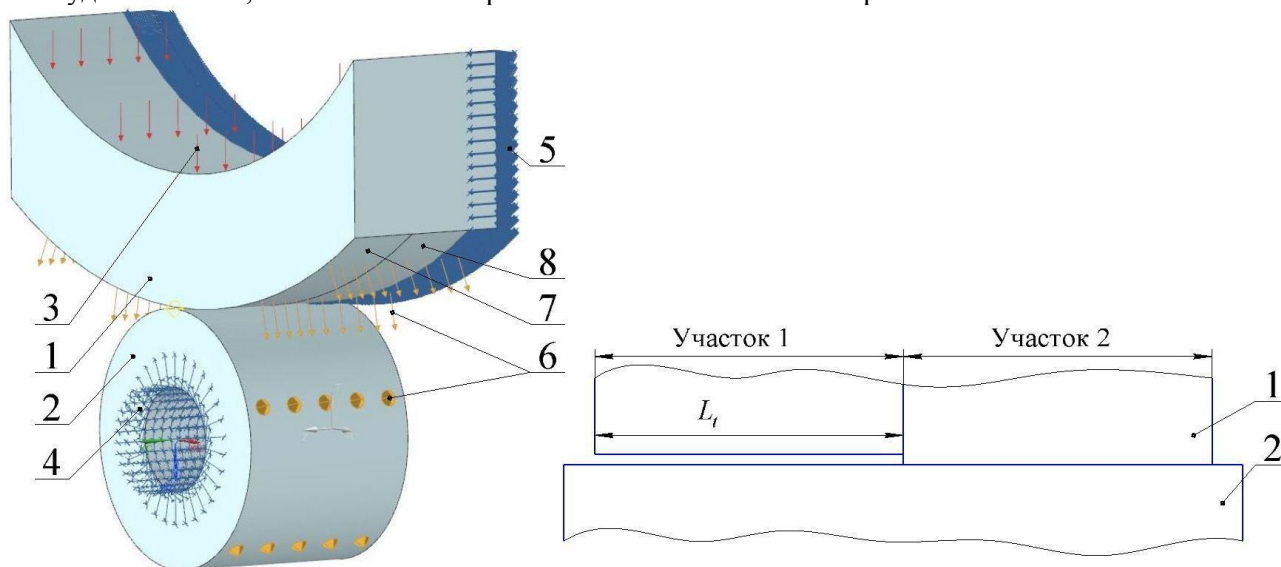


Рис. 1. Расчетная модель взаимодействия в процессе обработки бандажа и ролика:
1 – модель бандажа; 2 – модель ролика; 3 – нагрузка; 4 – ограничение ролика: цилиндрический шарнир;
5 – ограничение бандажа по торцевой грани; 6 – контакт поверхность-поверхность;
7 – участок 1 (обработанная поверхность); 8 – поверхность участка 2; L_t – длина обработки

Для того чтобы учитывать изменение зазора на этом участке под действием на бандаж изгибающей нагрузки, будем варьировать закреплением по его торцевым граням, оставляя неизменным поступательное перемещение в вертикальном направлении (рис.1).

Кроме того, для идентификации зазора в пределах контактной зоны в свойствах контакта «поверхность-поверхность» задаем параметры таким образом, чтобы в диапазоне поиска на участке 2 все зазоры и проникновения были обработаны как соприкосновения [14]. На участке 1 это требование не устанавливаем.

Материал бандажа сталь 30ГСЛ по ГОСТ 977-88 ($\sigma_T = 343\text{--}392$ МПа, $HV = 180$, $\sigma_B = 589\text{--}638$ МПа), коэффициент Пуассона $\mu=0,3$ и модуль продольной упругости $E=2 \cdot 10^5$ МПа.

Экспериментальные исследования изменения контактной прочности при механической обработке бандажей и роликов на практике не проводились. Сведения о допустимых для та-

ких условий контактных напряжениях отсутствуют.

Возьмем за основу допускаемые контактные напряжения в диапазоне $[\sigma_H] = 830\text{--}1030$ МПа, которые применяют при проектировании цементных вращающихся печей (как цилиндров, перекачивающихся без смазочного материала) [15]. Выясним, какое из этих значений можно использовать как предельное контактное напряжение для рассматриваемых условий при сохранении достоверности выводов.

Для этого оценим пластические деформации при контактном напряжении равном допускаемому. Опасная точка испытывает объемное напряженное состояние близкое к равномерному сжатию и расположена в глубине поверхностного слоя материала бандажа.

Наибольшие касательные напряжения при контактных напряжениях $\sigma_{\max}$ из рассматриваемого диапазона:

$$\tau_{\max 1} = 0,31 \cdot \sigma_{\max 1} = 0,31 \cdot 830 = 257 \text{ МПа}, \quad \tau_{\max 2} = 0,31 \cdot \sigma_{\max 2} = 0,31 \cdot 1030 = 319 \text{ МПа}.$$

Предел текучести по касательным напряжениям (по третьей гипотезе прочности):

$$\tau_T = \sigma_T / 2 = 392 / 2 = 196 \text{ МПа}.$$

Поскольку $\tau_{\max 1}$ и $\tau_{\max 2}$ превышают значение предела текучести τ_T , то при таких значениях

контактных напряжений неизбежны пластические деформации, особенно в глубине поверхностного слоя, которые могут быть допущены только при действии в процессе обработки не продолжительной нагрузки близкой к статической. Поэтому при анализе напряженного состо-

нения внутри пятна контакта в качестве ограничения сверху контактных напряжений принимаем $[\sigma_H] = 830$ МПа.

Считаем, что нагрузка от корпуса ТБ действует на внутреннюю поверхность банджа, равномерно распределяется по внутренней поверхности сегмента, направлена вертикально

вниз и равна $F = 4$ МН. В качестве решателя используем Nx Nastran.

Результаты расчетов демонстрируют, что в исходном положении (до обработки, см. строку $L_t=0$ в табл. 1) контактные напряжения σ_{Hi} лишь на краях пятна контакта увеличиваются до максимального напряжения 347 МПа, а в остальной его части изменяются незначительно.

Таблица 1

Изменение максимальных контактных напряжений (МПа) в точках пятна контакта при различном пути L_t резания с глубиной 0,4 мм

L_t , мм	Расстояния от начала пути резания (слева направо), мм											
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	950	1000
0	336	340	312	314	312	314	315	309	321	342	342	347
100	0	0/433	396	381	359	342	337	337	339	339	369	388
200	0	0	0/498	475	396	382	371	375	373	361	413	404
300	0	0	0	0/566	564	482	431	424	423	413	455	482
400	0	0	0	0	0/610	604	525	481	473	495	497	551
500	18	15	10	5	0	0/686	686	650	585	551	570	606
600	74	77	74	64	35	15	5/798	723	700	702	644	740
700	113	127	132	116	107	100	82	79/806	766	759	627	629
800	166	183	195	176	168	173	150	83	35/871	814	789	817
900	213	235	245	226	228	233	221	214	123	1/954	1033	1117
Примечание: дробные значения в конце каждого пути резания связаны со скачкообразным изменением контактных напряжений. Первое значение соответствует напряжениям на участке 1, а второе на участке 2.												

С началом обработки эта картина меняется (табл. 1). При глубине резания $t=0,1$ мм в начале обработки (при $L_t=100$ мм) контактные напряжения на участке 1 составляют только 27% от исходных σ_{Hi} . Это говорит о том, что в результате резания между поверхностями контакта появляется зазор, который компенсируется упругой деформацией банджа. С увеличением пути резания она увеличивается, и напряжения возрастают, но никогда не возвращаются к исходным σ_{Hi} . При $t=0,2$ мм эта тенденция сохраняется (при $L_t=100$ мм напряжения 6% от σ_{Hi}) и зазоры отсутствуют.

На участке 2 при завершении прохода в конце пути резания контактные напряжения всегда превышают допускаемые $[\sigma_H]$. Например, при $t=0,06$ мм и $L_t=980$ мм максимальные контактные напряжения в зоне контакта $\sigma_H=1211$ МПа $> [\sigma_H]=830$ МПа.

Так же установлено, что при обработке с глубиной резания больше 0,2 мм существует такой путь резания L_{t0} , при котором зазор присутствует на всем протяжении участка 1. Если для $t=0,3$ мм это расстояние $L_{t0}=200$ мм, а для

$t=0,4$ мм уже $L_{t0}=400$ мм (табл. 1), то при t от 1 мм до 1,2 мм оно достигает $L_{t0}=800$ мм.

Начиная от глубины резания $t=1,3$ мм, зазор сохраняется на всем пути резания. При этом контактные напряжения на участке 2 уже не зависят от глубины резания и по отношению к исходным напряжениям σ_{Hi} в зависимости от пути резания изменяются всегда одинаково (табл. 2).

Таким образом, с увеличением пути резания на участке 2 возникает опасный для контактной прочности многократный рост напряжений. С другой стороны такая тенденция доказывает то, что на участке 2 осуществляется перманентное базирование банджа по поверхности ролика и, следовательно, при механической обработке сохраняется номинальное центрирование оси вращения корпуса ТБ.

Поэтому для предупреждения повреждений поверхностей качения следует выполнять, по меньшей мере, два условия: 1) проводить обработку с малой глубиной резания (меньше 1 мм), 2) для завершения каждого пути резания выбирать такой способ обработки, который обеспечивает сохранение контактной прочности поверхности качения, как банджа, так и ролика.

Таблица 2

Отношение максимальных и исходных контактных напряжений в точках пятна контакта для глубин резания больше 1,2 мм при разном пути L_1 резания

L_1 , мм	Расстояния от начала пути резания (слева направо), мм										
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	950	1000
100	1,28	1,28	1,22	1,15	1,08	1,07	1,09	1,05	1	1,08	1,12
200	0	1,62	1,52	1,26	1,22	1,18	1,21	1,16	1,06	1,20	1,17
300	0	0	1,65	1,83	1,59	1,29	1,39	1,32	1,21	1,33	1,39
400	0	0	0	1,91	1,92	1,82	1,69	1,53	1,45	1,44	1,63
500	0	0	0	0	2,16	2,19	2,09	1,83	1,61	1,68	1,75
600	0	0	0	0	0	2,53	2,41	2,36	2,18	1,96	2,20
700	0	0	0	0	0	0	2,88	2,69	2,41	1,98	1,93
800	0	0	0	0	0	0	0	3,48	3,00	2,98	3,17
900	0	0	0	0	0	0	0	0	4,13	4,82	5,43

Для выполнения второго условия следует сначала (независимо от глубины резания t) выбрать такой максимальный путь резания L_t чтобы контактные напряжения на участке 2 не превышали допустимые. Тогда этот оставшийся

участок можно будет обработать врезным шлифованием (без увеличения при этом контактных напряжений), если согласовать его длину с шириной абразивного инструмента

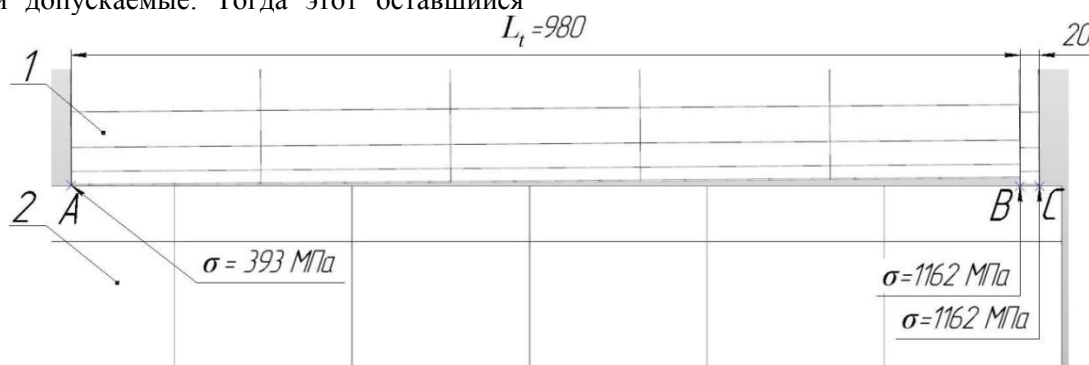


Рис. 2. Моделирование контакта бандажа с роликом в конце рабочего хода: модели бандажа и ролика соответственно 1 и 2; AB и BC – длины участков соответственно 1 и 2

При этом следует учитывать то, что в конце односторонней обработки (когда направление продольной подачи не изменяется на протяжении всего прохода) с уменьшением длины участка 2 увеличивается тенденция к повороту бандажа в вертикальной плоскости продольного сечения корпуса ТБ (рис. 2).

Допуская, при $t=0,1$ мм и $L_t=980$ мм, возможность поворота бандажа (ввиду малости таких перемещений) найдем изменение при этом контактных напряжений. Преобразуем расчетную модель (рис. 2): 1) на уровне сборки синтезируем новое положение, таким образом, чтобы сопряжение сборки «касание» находилось в точках А и В; 2) назначаем закрепление по горизонтали только для внутренней поверхности сегмента.

Тогда по результатам расчетов получаем, что контактное напряжение в т. А увеличилось с 282 МПа до 393 МПа, а на участке 2 (отрезок ВС на рис. 2) уменьшилось с 1397 МПа только до 1162 МПа, по-прежнему превышая допустимое.

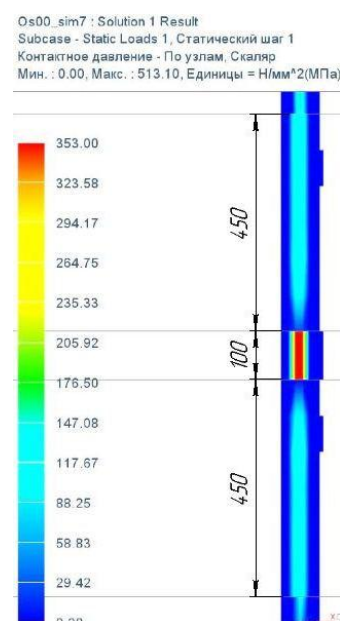


Рис. 3. Карта контактных напряжений при двухсторонней (длина участков 450 мм) обработке бандажа (длина 1000 мм) с глубиной резания 0,1 мм
Если завершать обработку по середине ширины бандажа (рис. 3) тогда ценой уменьшения производительности (вследствие прерывистой

двусторонней продольной подачи) можно на участке 2 уменьшить контактные напряжения (табл. 3), исключить возникновение кромочных повреждений и сохранить центрирование оси корпуса ТБ. При обработке этого участка шлифованием контактные напряжения на нем будут уменьшаться (а на соседних участках увеличиваться) в последовательности обратной их изменению при увеличении глубины резания (см. табл. 3).

В некоторых случаях при эксплуатации ТБ образующие бандажа и опорного ролика располагаются под углом друг к другу [13]. Это несколько уменьшает контактные напряжения в конце прохода на участке 2. Например, при повороте в расчетной модели оси вращения опор-

ного ролика вокруг точки расположенной на середине длины бандажа на угол $\gamma = 2^\circ$ контактные напряжения уменьшаются с 1397 МПа до 1223 МПа, что все-таки недостаточно для сохранения контактной прочности.

Следует отметить, что рассмотренные варианты напряженного состояния в поверхностном слое площадок качения в первую очередь опасны для материала опорного ролика. Это связано с тем, что испытывавшие перегрузку точки поверхностного слоя бандажа при следующем проходе удаляются, а материал поверхности ролика многократно (вплоть до окончания обработки) подвергается перегрузке.

Таблица 3

Изменение максимальных контактных напряжений (МПа) в точках пятна контакта при различной глубине резания и двухсторонней обработке с длиной завершающего участка 100 мм

t, мм	Расстояния от начала пути резания (левого торца бандажа), мм											
	0	100	200	300	400	450	550	600	700	800	900	1000
0	336	340	312	314	312	314	314	315	309	321	342	347
0,1	116	127	117	90	2	353	353	21	147	132	138	138
0,3	97	98	95	109	68	585	585	68	109	97	109	110
0,5	67	70	69	66	42	816	816	44	71	64	80	82
0,7	45	43	39	25	17	1041	1041	18	28	32	49	52
1	0	0	0	0	0	1285	1285	0	0	0	0	0
1,2	0	0	0	0	0	1285	1285	0	0	0	0	0

Кроме того, зазоры, возникающие при обработке, изменяют контакт бандажа с базовой поверхностью опорного ролика, что в зависимости от конструкции и расположения переносных станков может влиять на формообразование.

Таким образом, из всех рассмотренных способов восстановительной неуправляемой обработки бандажа с точки зрения сохранения базирования и контактной прочности поверхностей бандажа и ролика целесообразна обработка с центральным завершающим участком.

Выводы. Из исследования процесса восстановительной обработки бандажей следует:

1. Механическая обработка бандажа переносными станками вызывает контактную перегрузку поверхностей бандажа и ролика. В конце каждого прохода независимо от глубины резания контактные напряжения превышают допускаемые.

2. При односторонней обработке в конце пути резания поворот бандажа в пределах зазора нарушает центрирование корпуса ТБ и вызывает деформации обечайки.

3. Для сохранения контактной прочности поверхностей качения бандажа и ролика необходимо завершать каждый проход врезным шлифованием заключительного участка. При этом для исключения перегрузки обечайки бу-

дет лучше, если его выполнить по середине длины бандажа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ООО «ЦемСервис» [Электронный ресурс]. URL: <http://xn--b1afanrzfe1b.xn--p1ai/uslugi.html> (20.03.2017).
2. ООО «МосХимЦемСервис» технологическое обслуживание и восстановление промышленного оборудования [Электронный ресурс]. URL: http://moshimtsemservis.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=1:o-kompanii&catid=2 (20.03.2017).
3. Ozek Makina [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rotarykiln.net/> (20.03.2017).
4. Phillips Kiln Services [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pkse.co.uk/services/resurfacing.php> (20.03.2017).
5. Дуганов В. Я. Определение передаточных отношений и коэффициента исправления формы деформированного кольца цементных печей при его бесцентровой обработке//Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. № 9. С. 47–51.

6. Бондаренко Ю.А., Федоренко М.А., Погонин А.А. Определение возможности обработки крупногабаритных деталей на приставных станках//СТИН. 2005. № 7. С. 37-38.

7. Дуюн Т.А., Гринек А.В., Сахаров Д.В. Моделирование и оптимизация технологических процессов изготовления изделий с использованием метода динамического программирования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №3. С. 61–65.

8. Захаров О.В. Моделирование образования погрешностей формы заготовок при бесцентровом суперфинишировании // Автоматизация и современные технологии. 2010. № 11. С. 11–15.

9. Колобов А. В. Технологическое обеспечение условий контакта при сборке и эксплуатации опор технологических барабанов : Автореф. дис. канд. техн. наук. Белгород, 2009. 20 с.

10. Маслова И.В., Блудов А.Н. Обоснование использования управляемого процесса при восстановлении формы крупногабаритного тела вращения, не имеющего стационарную ось вращения// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 76–79.

11. Погонин А.А., Бондаренко В.Н., Санин С.Н., Схиртладзе А.Г. Ремонтно-

восстановительная обработка поверхностей катания опорных узлов цементных печей мобильными станками // Ремонт, восстановление, модернизация. 2005. №1. С. 13–16.

12. Гончаров М.С., Хуртасенко А.В., Шрубченко И.В. Компьютерное моделирование контакта бандажа и ролика / Сб. докл. Междунар. научно-практической конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова «Научные чтения» // Белгор. гос. Технол. ун-т. (Белгород, 9-10 октября 2014г.), Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. С. 216–222.

13. Шрубченко И.В., Хуртасенко А.В., Гончаров М.С. Контактные проявления погрешности формы и расположения в технологических барабанах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 81–85.

14. Гончаров П.С., Артамонов И. А., Халитов Т. Ф., Денисихин С. В., Сотник Д. Е. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. М.: ДМК Пресс, 2012. 504с.

15. Лоскутов Ю. А. Максимов В.М., Веселовский В.В. Механическое оборудование предприятий по производству вяжущих строительных материалов: Учебник. М: Машиностроение, 1986. 376 с.

Shrubchenko I.V., Hurtasenko A.V., Goncharov M.S.

CONTACT MANIFESTATIONS OF THE CUTTING PROCESS

AT RESTORATIVE TREATMENT OF BANDAGES TECHNOLOGICAL DRUM

Considered the contact interaction support roller and bandage technological drum. Compiled calculation models are made that allow investigating the influence of the processing process on the contact spot. Analyzed the change in contact stresses for a different path and depth of cutting. Identified conditions emergence clearances. Proposed technological ways that ensure the preservation of the contact strength of the working surfaces of the bandage and roller during the processing. The calculations are performed in the environment of NX Advanced Simulation Advanced Simulation (Siemens PLM Software Inc.).

Key words: mobile technologies, technological drums, bandages, support rollers, contact strength, contact spot.

Шрубченко Иван Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Хуртасенко Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Гончаров Михаил Сергеевич, аспирант кафедры технологии машиностроения Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
E-mail: msgon@ya.ru

DOI: DOI: 10.12737/article_58e61337ed53f1.49306732

Богданов В.С., д-р, техн. наук, проф.,
 Богданов Н.Э., магистрант,
 Ельцов М.Ю., канд. техн. наук, проф.,
 Александрова Е.Б., канд. техн. наук, доц.,
 Гаврунов А.Ю., канд. техн. наук,
 Карагодина К.И., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ, ЗАТРАЧИВАЕМОЙ НА РАБОТУ ВИБРОВРАЩАТЕЛЬНОЙ МЕЛЬНИЦЫ

v.bogdanov1947@gmail.com

В данной статье рассмотрено устройство и кинематические особенности вибровращательной мельницы с наклонным барабаном. Получены уравнения по определению положения и траектории движения центра масс мелющих тел. Рассчитана работа, затрачиваемая на перемещение мелющих тел. Определены силы взаимодействия между мелющими телами и корпусом мельницы. Получены формулы для расчета составляющих и общей потребляемой мощности привода. На примере лабораторной мельницы рассчитаны все основные конструктивно-технологические параметры.

Ключевые слова: мельница, барабан, вибрация, работа, мощность, дебаланс, электродвигатель, колебания, частота вращения.

При вращении наклонной помольной камеры мелющие тела совершают сложное продольно-поперечное пространственное движение, позволяющее интенсифицировать их действие. Подобное движение мелющих тел реализуется в шаровых барабанных мельницах с наклонными перегородками [1]. Устройство таких перегородок в вибровращательных мельницах было бы нецелесообразным, поскольку создало бы препятствие перемещению и перемешиванию шаров, а так же уменьшило бы рабочий объем помольной камеры. Таким образом, в вибровращательных мельницах с наклонным положением корпуса помольной камеры создаются условия для вовлечения в процесс измельчения практически всех мелющих тел, что способствует увеличению производительности и коэффициента полезного действия мельницы, а так же повышению качества продуктов измельчения.

Вращение помольной камеры должно предотвращать образование застойных зон, и в то же время, не должно нарушать процесс вибрационного измельчения материала. Опытным путем установлено, что этого можно достичь при частоте вращения камеры [1]:

$$n = 0,2n_{кр}, \quad (1)$$

где $n_{кр} = \frac{42,3}{\sqrt{D}}$, – критическая частота вращения барабана шаровой мельницы, мин⁻¹.

При малой частоте вращения и высокой степени заполнения в помольной камере вибровращательной мельницы возникает каскадный режим движения, для которого характерны продольно-поперечные циркуляционные течения мелющих тел в направлении вращения камеры.

В этом случае измельчение материала происходит в основном за счет истирания и частично в результате действия других способов измельчения. Такой режим работы мелющих тел больше соответствует условиям тонкого измельчения.

Вибрационно-каскадному движению мелющих тел больше соответствует модель перетекания псевдооживленной сплошной среды, чем модель детерминированного движения мелющих тел, которая применялась для исследования работы шаровых барабанных мельниц с наклонными перегородками [1, 2].

Для прогнозирования свойств продуктов измельчения нужно знать полную мощность, затрачиваемую на перемещение смеси. Найдем составляющую этой мощности, связанную с вращением камеры и расходуемую на работу по вертикальному и горизонтальному перемещению центра тяжести смеси. Предположим, что начальное положение камеры соответствует вертикальной ориентации ее плоскости симметрии, тогда в конце первой четверти оборота камеры плоскость симметрии занимает горизонтальное положение, а центр масс поднимается на высоту по оси у (рис. 1):

$$\Delta y = Y_a - Y_{RR} = \left(\frac{Y_a}{\cos \alpha} - Y_R \right) R \quad (2)$$

и смещается в осевом направлении по оси z на расстояние:

$$\Delta z = \frac{H}{2} - Z_H H. \quad (3)$$

В результате следующей четверти оборота центр масс снижается до начального уровня и смещается вдоль оси вращения в том же направлении и на то же расстояние, что и в первой чет-

верти оборота. В течении следующего полуоборота возвратно-поступательное перемещение центра масс по вертикали повторяется, а в осевом направлении центр масс возвращается в начальное положение. Таким образом, за один оборот камеры центр массы смеси мелющих тел

и материала совершает два подъема, суммарная высота которых равна $2\Delta y$, и два горизонтальных перемещения с суммарной длиной $4\Delta z$.

Работа, необходимая для выполнения этих перемещений, выражается:

$$A_{вр} = 2m_3 g \Delta y + 4m_3 g f_{тр} \Delta z = 2\pi \varphi a b H g \rho_3 \left(\left(\frac{Y_a}{\cos \alpha} - Y_R \right) R + f_{тр} (1 - 2Z_H) H \right), \quad (4)$$

где ρ_3 – насыпная плотность смеси мелющих тел и материала, кг/м³;

$f_{тр}=0,4-0,6$ – коэффициент трения скольжения смеси по внутренней поверхности помольной камеры.

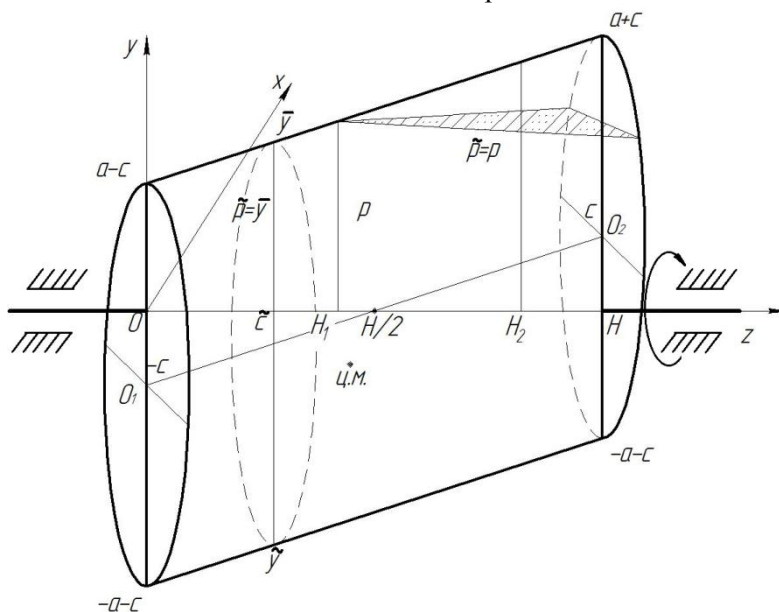


Рис. 1. Схема наклонной помольной камеры

Мощность, необходимая для выполнения этой работы, определяется соотношением:

$$N_1^{вр} = \frac{A_{вр} n}{T}, \quad (5)$$

где T – период вращения помольной камеры, с;
 n – число оборотов, мин⁻¹.

Для лабораторной мельницы расчетная мощность, затрачиваемая на перемещение смеси мелющих тел в результате вращения помольной камеры, составила $N_1^{вр}=0,025$ кВт.

Вращение помольной камеры дополнительно подключает механизм измельчения материала, существующий в шаровых барабанных мельницах, кроме основного вибрационного измельчения, а так же приводит к увеличению энергии, сообщаемой мелющим телам. Вследствие продольно-поперечного движения мелющих тел, возникающего из-за вращения наклонной помольной камеры, устраняются застойные зоны, а энергия, подводимая к мелющим телам, более равномерно распределяется между мелющими телами, что приводит к интенсификации не только вращательного, но и вибрационного способов измельчения.

Основной вклад в процесс измельчения вносит вибрация помольной камеры, создаваемая виброприводом. Точное исследование колебательного движения смеси мелющих тел и материала, представляющее собой неоднородную сыпучую среду, является очень сложной задачей. Приближенное инженерное решение этой задачи может быть найдено на основе следующих упрощающих предположений [3,4,5,6]:

- вибрация мелющих тел поддерживается в результате ее взаимодействия со стенками помольной камеры;

- мелющие тела и подвижная часть мельницы, представляющие собой систему с распределенными параметрами, заменяются точечными элементами с массами m_1 и m_2 , находящимися в центрах масс смеси мелющих тел и колеблющейся части мельницы;

- взаимодействие мелющих тел с корпусом помольной камеры осуществляются с помощью линейных сил упругости и сопротивления (трения, демпфирования);

- часть мелющих тел может колебаться вместе с корпусом помольной камеры, т.е. может иметь место явление присоединения

части массы мелющих тел к массе подвижной части мельницы.

Для исследования работы вибровращательной мельницы рассмотрим ее упрощенную эквивалентную схему на рисунке 2.

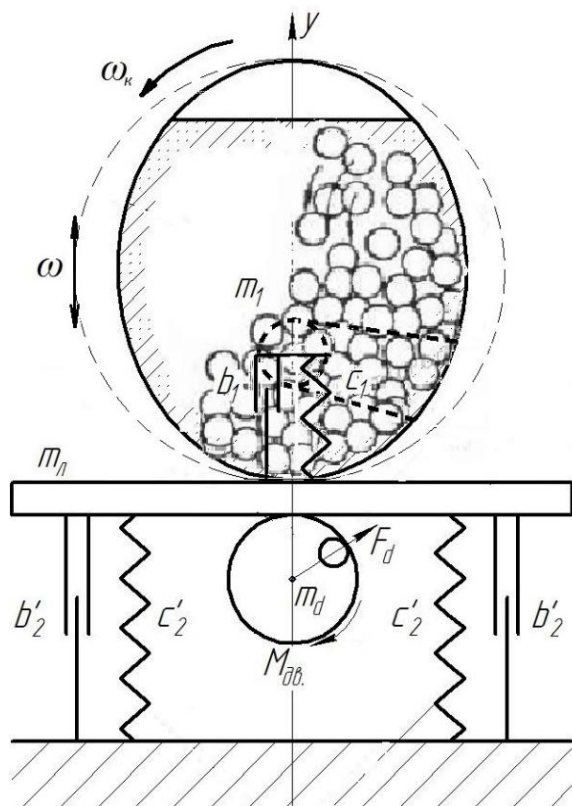


Рис. 2. Эквивалентная схема вибровращательной мельницы

Введем ось ОУ, проходящую вертикально через центры масс мелющих тел и подвижной части мельницы. Начало координат поместим в центр масс мелющих тел и подвижной части мельницы в состоянии покоя. В исследуемой конструкции мельницы предусмотрены вертикальные линейные колебания, определяющиеся

$$\begin{cases} (1 - K_n)m_1\ddot{y}_1 + b_1(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + c_1(y_1 - y_2 - y_{цм1}) = 0 \\ (m_2 + K_n m_1)\ddot{y}_2 + b_2\dot{y}_2 + c_2 y_2 + b_1(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + c_1(y_2 - y_1 + y_{цм1}) = \\ = M_d \omega^2 \cos \omega t \end{cases} \quad (9)$$

где $m_2 = m_k + m_{na} + m_{об} + m_d$ – масса подвижной части мельницы, включающая в себя, соответственно, массы камеры, платформы, электродвигателя и дебаланса, кг; $M_d = m_d r_d$ – момент дебаланса, кг·м; K_n – коэффициент присоединения массы мелющих тел к массе колеблющейся части мельницы, .

Для лабораторной мельницы масса мелющих тел $m_1 = 45 \div 75$ кг; масса подвижной части мельницы $m_2 = 45$ кг; момент дебаланса $M_d = 0,5$ кг·см; коэффициент присоединения массы $K_n = 0,5$; общая масса лабораторной установки $m = 135$ кг.

выражением (6) по вышеприведенным характеристикам:

$$F_y = M_{ст} \omega^2 \cos \omega t \quad (6)$$

При работе мельницы между мелющими телами и помольной камерой, входящей в состав подвижной части мельницы, возникает упруго-вязкозное взаимодействие, которое в линейном приближении выражается формулой [7]:

$$F_{12} = -c_1(y_1 - y_2 - y_{цм1}) - b_1(\dot{y}_1 - \dot{y}_2), \quad (7)$$

где c_1 – постоянный коэффициент жесткости мелющих тел, Н/м; b_1 – постоянный коэффициент вязкого сопротивления мелющих тел, Н·с/м; y_1, y_2 – координаты центров масс мелющих тел и подвижной части мельницы, м; $\dot{y}_1, \dot{y}_2$ – скорости их перемещений, м/с; $y_{цм1}$ – координата центра масс мелющих тел в состоянии покоя, м, $y_{цм1} = 0$.

Кроме силы взаимодействия с мелющими телами на подвижную часть мельницы действуют силы упругости и демпфирования (торможения) пружин:

$$F_2 = -c_2 y_2 - b_2 \dot{y}_2 \quad (8)$$

а также вынуждающая сила.

В выражении (8) $c_2 = n_n c_2$, $b_2 = n_n b_2$ – приведенные общие коэффициенты жесткости и демпфирования упругой опоры мельницы; n_n – число пружин, на которые опирается подвижная часть мельницы, $n_n = 4$.

Для лабораторной мельницы расчетные значения коэффициентов жесткости составили $c_1 = 1,176 \cdot 10^5$ Н/м; $c_2 = 0,221 \cdot 10^5$ Н/м; коэффициенты вязкого сопротивления составили $b_1 = 1,0 \cdot 10^3$ Н·с/м; $b_2 = 0,5 \cdot 10^3$ Н·с/м.

Система уравнений, описывающая взаимодействие мелющих тел с подвижной частью мельницы имеет вид:

В некоторых работах, например в работе А.Д. Лесина [3], при моделировании вибрационной мельницы движение мелющих тел относительно помольной камеры не рассматривается, а используются лишь колебания подвижной части мельницы вместе с мелющими телами ($K_n = 1$). В работе А.Д. Лесина движение мелющих тел относительно помольной камеры исследовалось ($K_n = 0$), но при этом упругие свойства мелющих тел и демпфирование подвижной части мельницы не учитывались. Эффект присоединения части массы мелющих тел к массе колеблющихся элементов мельницы рассматривался в работах

Франчука[6], но без учета затухания колебаний загрузки и подвижной части мельницы.

Исследование механики вибрационной мельницы на основе системы (9) отличается наиболее полным и комплексным учетом «особенностей технологической смеси» - ее вязко-

упругих и геометрических свойств, а также эффекта присоединения части массы мелющих тел к массе колеблющихся элементов мельницы.

Перепишем систему уравнений (9) в следующем виде:

$$\begin{cases} \ddot{y}_1 + 2\delta_1(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + \omega_{01}^2(y_1 - y_2 - y_{цм1}) = 0 \\ \ddot{y}_2 + 2\delta_2\dot{y}_2 + \omega_{02}^2y_2 + 2\mu\delta_1(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + \mu\omega_{01}^2(y_2 - y_1 + y_{цм1}) = A\omega^2 \cos \omega t \end{cases} \quad (10)$$

здесь:

$$2\delta_1 = \frac{b_1}{(1-K_n)m_1}, \quad (11)$$

$$2\delta_2 = \frac{b_2}{m_2 + K_n m_1}, \quad (12)$$

$$\omega_{01}^2 = \frac{c_1}{(1-K_n)m_1}, \quad (13)$$

$$\omega_{02}^2 = \frac{c_2}{m_2 + K_n m_1}, \quad (14)$$

где δ_1, δ_2 – коэффициенты затухания колебаний мелющих тел и подвижной части мельницы, рад/с; ω_{01}, ω_{02} – собственные угловые (циклические) частоты колебаний мелющих тел и подвижной части мельницы, рад/с; в том числе безразмерный коэффициент проникновения колебаний и амплитуда, м:

$$\mu = \frac{(1-K_n)m_1}{m_2 + K_n m_1}, \quad (15)$$

здесь $\omega_3 = \sqrt{\omega_{02}^2 + \delta_2^2}$ рад/с; $A_3, m; \alpha_3$, рад – постоянные, определяемые из начальных условий; в том числе:

$$A_{20} = \frac{A\omega^2}{\sqrt{(\omega_{02}^2 - \omega^2)^2 + 4\delta_2^2\omega^2}}, \quad (19)$$

$$\alpha_{20} = \arctg \frac{2\omega\delta_2}{\omega_{02}^2 - \omega^2}. \quad (20)$$

Первое слагаемое выражения (18) соответствует быстро затухающей составляющей колебательного процесса и практического значения не имеет. Установившиеся колебания подвижной части мельницы, соответствующие второму слагаемому решения (18) происходят с угловой частотой вынуждающей силы ω , с амплитудой A_{20} (19) и отстают по фазе от вынуждающей силы на угол α (20).

Из формулы (19) следует, что амплитуда вынуждаемых колебаний пустой мельницы за-

$$A = \frac{m_d r_d}{m_2 + K_n m_1}. \quad (16)$$

Для лабораторной мельницы расчетные значения собственных угловых частот колебаний составили: $\omega_{01}=62,61$ рад/с; $\omega_{02}=17,15$ рад/с; коэффициентов затухания колебаний: $\delta_1=16,67$ рад/с; $\delta_2=3,33$ рад/с; $\mu=0,4$; $A=0,002$ м.

Сначала рассмотрим частный случай колебаний мельницы без мелющих тел в помольной камере. В этом случае ($\varphi=0$; $K_n=0$) система (10) сводится к одному уравнению вынужденных колебаний пустой мельницы:

$$\ddot{y}_2 + 2\delta_2\dot{y}_2 + \omega_{02}^2y_2 = A\omega^2 \cos \omega t, \quad (17)$$

где δ_2 и ω_{02} определяются формулами (12) и (14) при $K_n=0$.

Общее решение уравнения (17) имеет вид:

$$y = A_3 e^{-\delta_2 t} \cos(\omega_3 t - \alpha_3) + A_{20} \cos(\omega t - \alpha_{20}), \quad (18)$$

висит от массы ее подвижной части, которую можно изменять путем закрепления на ней дополнительных грузов. Измерив амплитуды вынуждаемых колебаний пустой мельницы при различных массах ее подвижной части можно вычислить по этим данным с помощью формулы (19) коэффициенты жесткости c_2 и демпфирования b_2 ее пружинной опоры [8].

В общем случае ($0 < \varphi < 1$; $0 < K_n < 1$) характеристики вынужденных колебаний загрузки и подвижной части мельницы можно найти путем решения системы уравнений (10).

Частное решение системы (10), отвечающее установившимся вынужденным колебаниям мелющих тел и подвижной части мельницы, представляет собой сумму решений двух систем, отличающихся лишь правыми частями:

$$\begin{cases} \ddot{y}_1 + 2\delta_1(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + \omega_{01}^2(y_1 - y_2) = \omega_{01}^2 y_{цм1} \\ \ddot{y}_2 + 2\delta_2\dot{y}_2 + \omega_{02}^2y_2 + 2\mu\delta_1(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + \mu\omega_{01}^2(y_2 - y_1) = -\mu\omega_{01}^2 y_{цм1} \end{cases} \quad (21)$$

$$\begin{cases} \ddot{y}_1 + 2\delta_1(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + \omega_{01}^2(y_1 - y_2) = 0 \\ \ddot{y}_2 + 2\delta_2\dot{y}_2 + \omega_{02}^2y_2 + 2\mu\delta_1(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + \mu\omega_{01}^2(y_2 - y_1) = A\omega^2 \cos \omega t \end{cases} \quad (22)$$

Решение системы уравнений (21) имеют вид:

$$y_1 = y_{цм1}, \quad y_2 = 0,$$

т.е. вынужденные колебания мелющих тел и подвижной части мельницы происходят около их центров масс. Амплитуды этих колебаний

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 + 2\delta_1(\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + \omega_{01}^2(z_1 - z_2) = 0 \\ \ddot{z}_2 + 2\delta_2\dot{z}_2 + \omega_{02}^2 z_2 + 2\mu\delta_1(\dot{z}_2 - \dot{z}_1) + \mu\omega_{01}^2(z_2 - z_1) = A\omega^2 e^{i\omega t} \end{cases} \quad (23)$$

здесь $z_{1,2} = y_{1,2} + ix_{1,2}$; $e^{i\omega t} = \cos\omega t + i\sin\omega t$; i – мнимая единица.

Частные решения системы (24) будем искать в виде:

$$z_{1,2} = \bar{A}_{1,2} e^{i\omega t}, \quad (24)$$

$$\begin{cases} (\omega_{01}^2 - \omega^2 + 2\delta_1\omega i)\bar{A}_1 - (\omega_{01}^2 + 2\delta_1\omega i)\bar{A}_2 = 0 \\ -(\mu\omega_{01}^2 + 2\mu\delta_1\omega i)\bar{A}_1 + (\omega_{02}^2 + \mu\omega_{01}^2 - \omega^2 + 2(\delta_2 + \mu\delta_1)\omega i)\bar{A}_2 = A\omega^2 \end{cases} \quad (25)$$

Решение системы (25), имеет вид:

$$\bar{A}_1 = A \frac{\omega^2(\omega_{01}^2 + 2\delta_1\omega i)}{\Delta_1 + \Delta_2 i}, \quad (26)$$

$$\bar{A}_2 = A \frac{\omega^2(\omega_{01}^2 - \omega^2 + 2\delta_1\omega i)}{\Delta_1 + \Delta_2 i}, \quad (27)$$

$$\Delta_1 = (\omega_{01}^2 - \omega^2)(\omega_{02}^2 - \omega^2) - \omega^2(\mu\omega_{01}^2 + 4\delta_1\delta_2), \quad (28)$$

$$\Delta_2 = 2\omega(\delta_1(\omega_{01}^2 - \omega^2) + \delta_2(\omega_{01}^2 - \omega^2) - \mu\delta_1\omega^2). \quad (29)$$

Представив комплексные амплитуды $\bar{A}_1$ и $\bar{A}_2$ в показательной форме, получим:

$$A_{1,2} = \bar{A}_{1,2} e^{-i\alpha_{1,2}}, \quad (30)$$

где следующие выражения:

$$A_1 = A \sqrt{\frac{\omega^4(\omega_{01}^4 + 4\delta_1^2\omega^2)}{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}}, \quad (31)$$

$$\alpha_1 = \arctg \frac{\omega_{01}^2\Delta_2 - 2\delta_1\omega\Delta_1}{\omega_{01}^2\Delta_1 - 2\delta_1\omega\Delta_2}, \quad (32)$$

$$A_2 = A \sqrt{\frac{\omega^4(\omega_{01}^2 + \omega^2)^2 + 4\delta_1^2\omega^2}{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}}, \quad (33)$$

$$\alpha_2 = \arctg \frac{(\omega_{01}^2 - \omega^2)\Delta_2 - 2\delta_1\omega\Delta_1}{(\omega_{01}^2 - \omega^2)\Delta_1 + 2\delta_1\omega\Delta_2}. \quad (34)$$

Подставив выражения (30) в формулу (23) и отделив действительные части комплексных перемещений $z_{1,2}$ получим решение системы (10), соответствующее установившимся колебаниям мелющих тел и подвижной части мельницы:

$$y_1 = y_{цм1} + A_1 \cos(\omega t - \alpha_1), \quad (35)$$

$$y_2 = A_2 \cos(\omega t - \alpha_2). \quad (36)$$

Для лабораторной мельницы расчетные значения амплитуды колебаний мелющих тел $A_1 = 2,558 \cdot 10^{-4}$ м (0,26 мм) с отставанием по фазе на угол $\alpha_1 = -1,095$ рад. и подвижной части мельницы $A_2 = 0,0025$ м (2,5 мм) с отставанием по фа-

найдем из системы уравнений (22) которую будем решать методом комплексных амплитуд [3]. Для этого вместо уравнений (22) будем рассматривать комплексные аналоги амплитуд, действительные части которых совпадают с уравнениями (22):

где $\bar{A}_{1,2}$ – комплексные амплитуды.

Реальному рабочему процессу будут отвечать действительные части этих амплитуд.

Подставив выражение (23) в систему (24), получим для комплексных амплитуд систему линейных алгебраических уравнений:

где, в свою очередь, промежуточные параметры, рад⁴/с⁴:

зе на угол $\alpha_2 = -0,175$ рад.; координаты центров масс мелющих тел и подвижной части мельницы ($t=0$) соответственно: $y_1 = 0,0001$, $y_2 = 0,0023$.

При пустой помольной камере ($b_1 = 0$, $c_1 = 0$, $\delta_1 = 0$, $\omega_{01} = 0$, $\Delta_1 = -\omega^2(\omega_{01}^2 + \omega^2)$, $\Delta_2 = -2\omega^3\delta_2$) выражения (31), (32), (33) и (34), переходят в формулы (19) и (20). Если пренебречь упругими свойствами мелющих тел ($c_1 = 0$, $\omega_{01} = 0$), затуханием колебаний подвижной части мельницы ($b_2 = 0$, $\delta_2 = 0$), а также присоединением части массы мелющих тел к массе подвижной части мельницы ($K_n = 0$), то (31), (32), (33) и (34) переходят в соотношения, найденные Лесиным [3].

Таким образом, решения (35) и (36) являются наиболее общими и охватывают все рассматривавшиеся ранее частные случаи. Кроме того, соотношение (31) позволяет по амплитудам колебаний, измеренным при различных степенях заполнения помольной камеры, рассчитать коэффициенты жесткости c_1 и демпфирования b_1 смеси, а также найти зависимость $K_n(\varphi)$ – зависимость коэффициента присоединения массы мелющих тел от степени заполнения помольной камеры.

Вычисление мощности, затрачиваемой на перемещение мелющих тел, является одной из основных задач механики вибрационной мельницы. В вибровращательной мельнице энергия, сообщаемая мелющим телам, передается в ре-

зультате вращения помольной камеры и вибрации подвижной рамы. [10]

Работа из выражения (4), необходимая для выполнения подъема и горизонтального перемещения мелющих тел, определяет мощность (37), затрачиваемую в результате вращения по-

$$N_1^{вб} = \frac{1}{2}(1 - K_n)m_1\omega^3 A_1 A_2 |\sin(\alpha_1 - \alpha_2)|, \quad (37)$$

где A_1 , α_1 , A_2 , α_2 определяются формулами (31), (32), (33) и (34).

Для численного исследования затрачиваемой мощности по выражению (37) на примере лабораторной вибровращательной мельницы оценим величину и пределы изменения параметров ее работы. Объем помольной камеры $V=0,023 \text{ м}^3$; масса мелющих тел при коэффициенте заполнения мелющих тел $\varphi=0,6$ составляет $m_1=60 \text{ кг}$ – будем считать ее постоянной; масса подвижной части мельницы $m_2=45 \text{ кг}$. Масса подвижной части мельницы отличается от массы мелющих тел, поэтому будем рассматривать значение $\mu = \frac{m_2}{m_1}$ в пределах $0 \leq \mu \leq 1$. Коэффициент K_n присоединения массы мелющих тел к массе колеблющейся части мельницы принимает значения $0 \leq K_n \leq 1$.

Для снижения динамических нагрузок на фундамент жесткость упругой опоры мельницы (жесткость пружины) обычно берется небольшой, так что линейная частота свободных колебаний пустой мельницы составляет 5-7 Гц, откуда следует $\omega_{02} \approx 17 \text{ рад/с}$. Частота 17 рад/с при общей массе колеблющейся части мельницы 105 кг достигается при общем коэффициенте жесткости пружины $c_2=0,221 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$ (будем считать постоянным).

Угловая частота собственных колебаний ω_{02} определяется выражением:

$$\omega_{02} = \sqrt{\frac{c_2}{m_1}} \mu. \quad (38)$$

По расчетным данным исследования коэффициент затухания колебаний пустой мельницы $b_2=500 \text{ Н с/м}$ [8]. Тогда для лабораторной мельницы коэффициент затухания колебаний определяется:

$$\delta_2 = \frac{b_2}{2m_1} \mu. \quad (39)$$

Параметры смеси ω_{01} и δ_1 не поддаются прямым измерениям и могут быть оценены косвенно. Поэтому при выполнении вычислений рассмотрим значения этих величин в следующих интервалах: $0 \leq \omega_{01} \leq 1000 \text{ рад/с}$, $0 \leq \delta_1 \leq 500 \text{ рад/с}$

Отношение мощности, затрачиваемой на движение мелющих тел, к мощности, потребляемой виброприводом, называется механическим

мольной камеры. Далее определим мощность, затрачиваемую на движение мелющих тел в результате вибрации.

Среднее за период колебаний T значение этой мощности определяется соотношением:

коэффициентом полезного действия вибрационной мельницы [3]:

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{N_1^{вб}}{N_{\text{ном}}}, \quad (40)$$

где $N_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электродвигателя вибропривода, Вт.

В безразмерном виде коэффициент $\eta_{\text{мех}}$ выглядит:

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{\omega^7 \tilde{\omega} \tilde{\alpha} m_d^2 r_d^2 (1 - K_n)}{m_1 N_{\text{ном}} (\Delta_1^2 + \Delta_2^2) (1 + K_n \mu)^2} \quad (41)$$

Для лабораторной мельницы расчетное значение мощности, сообщаемой мелющим телам в результате вибрации, составила $N_1^{вб}=0,222 \text{ кВт}$; механический коэффициент полезного действия при $N_{\text{ном}}=0,25 \text{ кВт}$ составил $\eta_{\text{мех}}=0,8$.

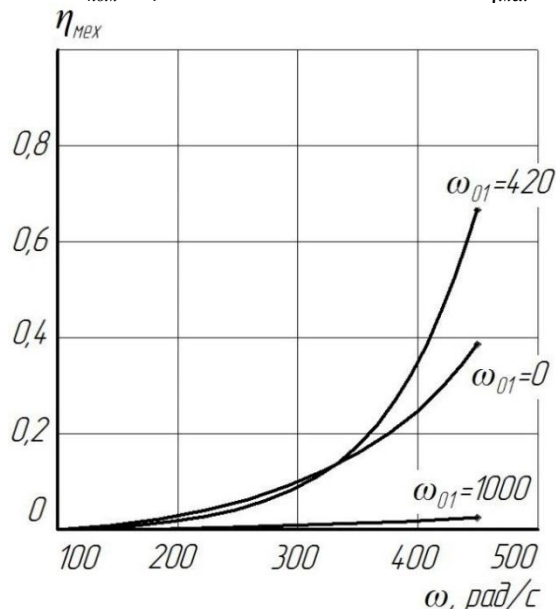


Рис. 3. Зависимость механического к.п.д. от частоты вибрации от различных значений частоты собственных колебаний мелющих тел

Результаты численного исследования $\eta_{\text{мех}}$ от угловой частоты вращения дебаланса и других параметров мельницы приведены на графиках, изображенных на рисунках 3–10. Из графиков следует, что при любых допустимых значениях конструктивно-технологических параметров величина мощности, сообщаемой мелющим телам, с увеличением угловой частоты вибратора плавно возрастает.

Опытные значения механического к.п.д. вибрационных мельниц варьируется от 0,5 до 0,8, что при номинальной угловой частоте вибропривода $\omega=314 \text{ рад/с}$ ($n_d=3000 \text{ об/мин}$) соот-

ветствует характеристикам смеси мелющих тел и материала $\omega_{01} \leq 400$ рад/с, $\delta_1 \geq 250$ рад/с [9].

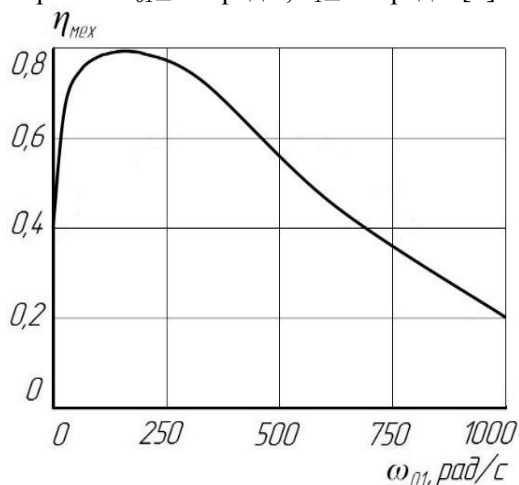


Рис. 4. Зависимость механического к.п.д. от частоты собственных колебаний мелющих тел

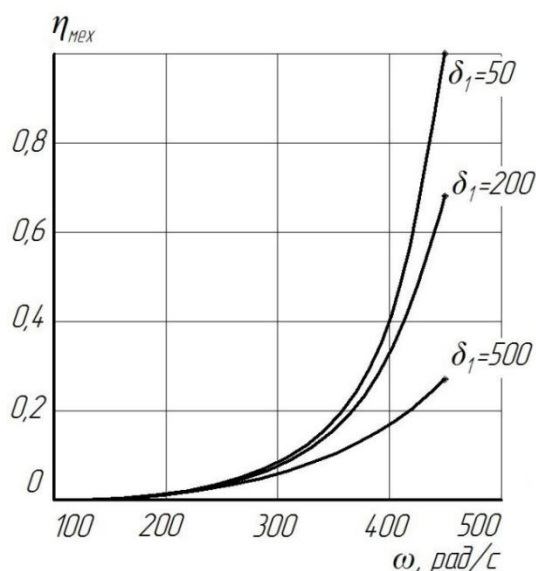


Рис. 5. Зависимость механического к.п.д. от частоты вибрации при различных коэффициентах затухания собственных колебаний мелющих тел

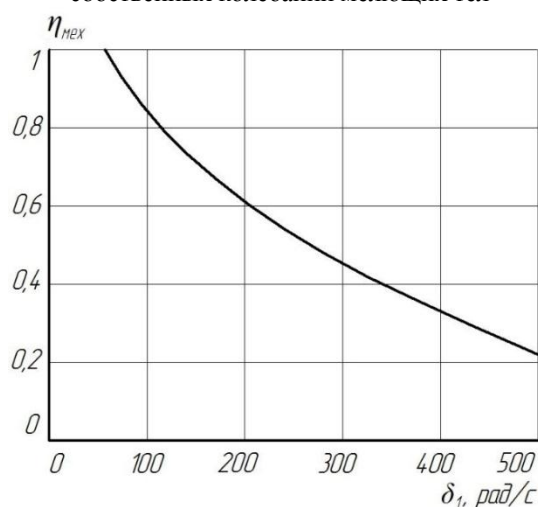


Рис. 6. Зависимость механического к.п.д. от коэффициента затухания колебаний мелющих тел

Как видно из рисунка 4 зависимость мощности, затрачиваемой на движение мелющих тел, от ее упругих свойств, а именно частоты собственных колебаний, носит экстремальный характер. Поскольку жесткость смеси зависит от соотношения объемов измельчаемого материала и мелющих тел, то существует оптимальное соотношение этих объемов, соответствующее частоте $\omega_{01} \approx 100$ рад/с, при котором интенсивность измельчения будет наибольшей.

Снижение затрачиваемой при работе мощности с увеличением вязкого трения в смеси мелющих тел (рис. 6) и возрастанием присоединенной массы (рис. 8) имеют одну общую причину – усиление связи смеси и подвижной части мельницы. [11]

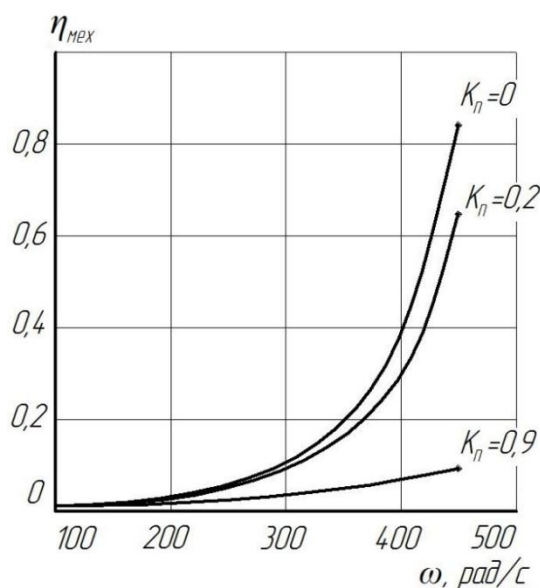


Рис. 7. Зависимость механического к.п.д. от частоты вибрации при различных коэффициентах присоединения массы мелющих тел

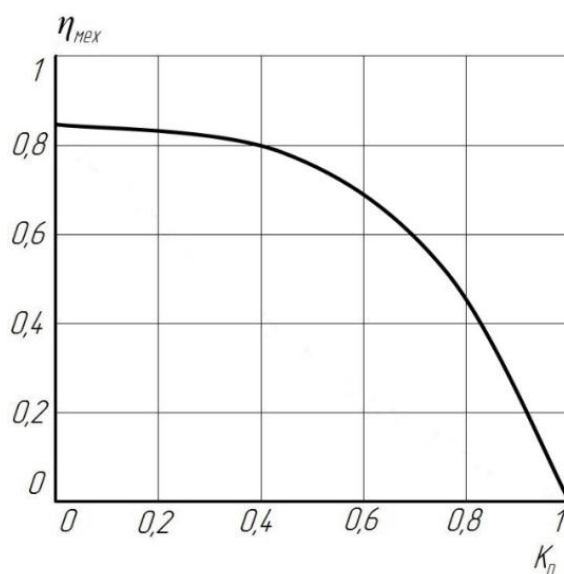


Рис. 8. Зависимость механического к.п.д. от коэффициента присоединения массы мелющих тел

В предельном случае ($K_n=1$), который возникает при полном заполнении помольной камеры, смесь начинает колебаться как монолитное тело вместе с подвижной частью мельницы, относительное движение мелющих тел и материала, а следовательно, и процесс измельчения прекращаются (рис. 8).

Энергия от вибропривода распределяется между колеблющейся частью мельницы и мелющими телами. При этом доля энергии, сообщаемая смеси мелющих тел, с уменьшением массы колеблющейся подвижной части мельницы возрастает (рис. 10).

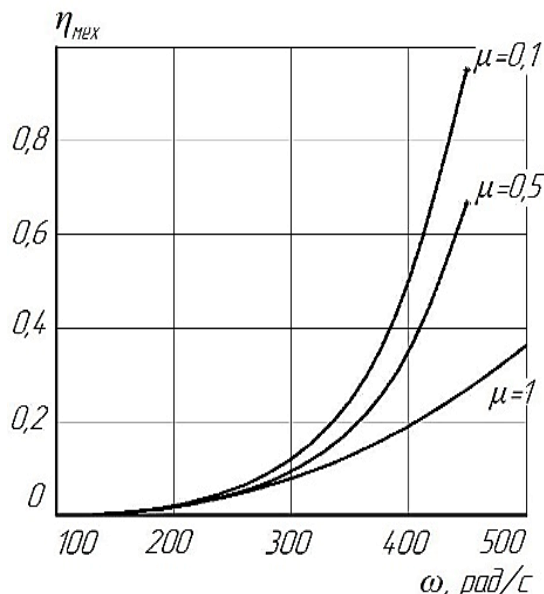


Рис. 9. Зависимость механического к.п.д. от частоты вибрации при различных отношениях масс загрузки и подвижной части мельницы

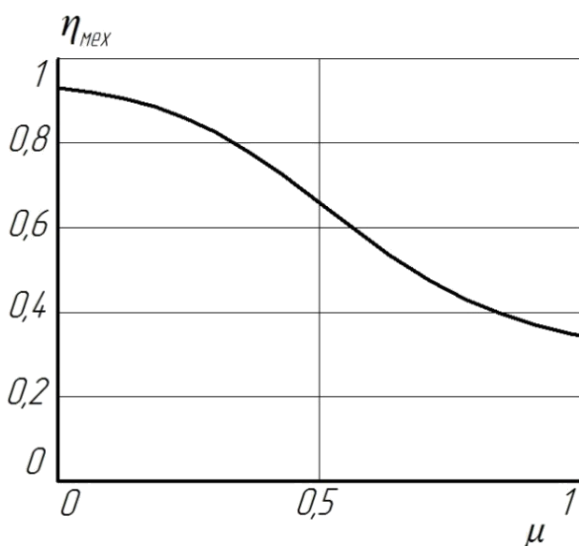


Рис. 10. Зависимость механического к.п.д. от отношения масс мелющих тел и подвижной части мельницы

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданов В.С. Шаровые барабанные мельницы (с поперечно-продольным движением загрузки). Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002. 258 с.
2. Kano J., Mio H., Saito F. Correlation of grinding rate of gibbsite with impact energy of balls // AICHE Journal Volume 46. Issue 8. 2000. Pp. 1694–1697.
3. Лесин А.Д. Элементы теории и методика расчёта основных параметров вибромельниц. - Вибрационное измельчение материалов: Научное сообщение № 25. М.: ВНИИТНСМ, 1957. 114 с.
4. Лесин А.Д. Вибрационные машины в химической технологии. М.: ЦИНТИ-Химнефтемаш, 1968. 80 с.
5. Овчинников П.Ф. О резонансном режиме работы вибрационных машин // Известия вузов: Строительство и архитектура. 1968. ХаЮ. №10. С. 171–177.
6. Франчук В.П., Анциферов А.В., Егурнов А.И. Исследование влияния технологической нагрузки на динамику вибрационных машин // Обогащение руд. 2001. №21. С. 27–32.
7. Бауман В.А., Быховский И.И. Вибрационные мельницы и процессы в строительстве. Учебное пособие для студентов строительных и автомобильно-дорожных вузов. М.: Высшая школа, 1977. 255 с.
8. Сартаков А.В. Моделирование и интенсификация рабочих процессов вибрационных измельчителей: дисс. канд. техн. наук: 05.05.04 Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины / Сартаков Александр Владимирович. Барнаул: АГТУ, 2004. 144 с.
9. Красовский Б.П. Вибрационные мельницы: обзор отечественной и зарубежной литературы за 1934–1982 гг. Отчёт МГИ / М.: МГИ, 1983. 39 с.
10. Богданов В.С., Шарапов Р.Р., Фадин Ю.М., Семикопенко И.А., Несмеянов Н.П., Герасименко В.Б. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Старый Оскол: ТНТ, 2016. 680 с.
11. Богданов В.С., Гаврунов А.Ю. Кинетика движения загрузки в вибровращательной мельнице // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 100–102.

Bogdanov V.S., Bogdanov N.E., Eltsov M.Y., Alexandrova E.B., Gavrunov A.Y., Karagodina K.I.
CALCULATION OF THE POWER SPENT AT WORK OF THE VIBRATING ROTATING MILL

This article reviewed the device and kinematic features vibrating rotating mill with inclined housing. Determined the equations for the position and path of the center of mass of the grinding bodies. Received work expended on the motion of the grinding bodies. Determined force between grinding bodies and mill housing. Determined the equations for calculating the components and the overall power consumption of the drive. For example, laboratory mills designed all the structural and technological parameters.

Key words: mill, housing, vibration, work, power, unbalance, motor, frequency.

Богданов Василий Степанович, доктор технических наук, профессор кафедры механического оборудования.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: v.bogdanov1947@gmail.com

Богданов Никита Эдуардович, магистрант кафедры механического оборудования.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Ельцов Михаил Юрьевич, кандидат технических наук, профессор кафедры механического оборудования.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Александрова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Гаврунов Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, кафедры механического оборудования.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Карагодина Карина Игоревна, аспирант кафедры механического оборудования.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Колесник В.В., канд. техн. наук, доц.,
Рубанов Ю.К., канд. техн. наук, доц.,
Токач Ю.Е., канд. техн. наук, доц.,
Лимаренко М.В., ведущий инженер

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СОЗДАНИЕ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ*

tokach@bk.ru

Приведены результаты экспериментов получения многокомпонентных покрытий, обладающих более широким спектром свойств по сравнению с однокомпонентными. Изучены процессы формирования покрытий на основе многокомпонентного сплава $\text{Co}(18...20\%) - \text{Cr}(5...7\%) - \text{Al}(0,3...0,4\%) - \text{Y}(0,2...0,5\%)$. Исследован химический состав покрытия, его толщина, состояние переходной зоны. Приведены результаты рентгенофлуоресцентного и рентгеноспектрального микроанализа получаемых покрытий. Показано, что характер микрорельефа поверхности определяется условиями формирования покрытий, набор химических элементов в покрытии на каждом из образцов аналогичный, концентрация их зависит от условий процесса осаждения, распределение химических элементов по толщине на образцах постоянно, зона диффузии материалов покрытия и подложки практически отсутствует. Выявлено наличие в сформированном покрытии незначительного процентного содержания материала подложки. По мере роста толщины покрытия процентное содержание материала подложки резко уменьшалось.

Ключевые слова: многокомпонентные покрытия, магнетронные системы, переходной слой, подложка, катод-мишень.

Введение. Вопросы формирования многокомпонентных покрытий с заданными характеристиками и регулируемым компонентным составом в научно-технической литературе отражены достаточно широко [1–9]. Для получения качественных прецизионных покрытий используют вакуумные методы распыления материалов [12–14]. В качестве материала покрытий широко применяется сплав типа MeCrAlY , где в качестве основного компонента (Me) используются кобальт, кобальт+никель, кобальт+хром и т.п.

Методология. Для изучения управляемых процессов формирования покрытий на основе многокомпонентных сплавов был проведен ряд экспериментов по распылению сплава $\text{Co}(18...20\%) - \text{Cr}(5...7\%) - \text{Al}(0,3...0,4\%) - \text{Y}()$, на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 1 [15].

Генератор плазмы включал двенадцать катодов-мишеней, изготовленных из распыляемого сплава и расположенных соосно относительно анодов. Все катоды-мишени подключались к одному или к нескольким источникам питания (схема подключения катодов позволяла вводить дополнительные источники питания к одной или нескольким мишеням).

Формирование покрытия осуществлялось на полированные подложки, изготовленные из меди. Материал подложки выбран отличным от компонентов, составляющих сплав, для облег-

чения проведения рентгенофлуоресцентного и рентгеноспектрального микроанализа получаемых покрытий.

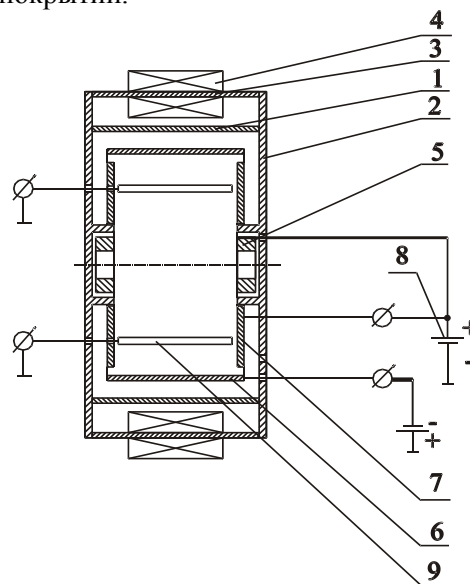


Рис. 1. Конструктивная схема генератора плазмы
1 – камера, 2 – фланцы, 3 – магнитопроводы,
4 – соленоиды, 5 – анод, 6 – подложкодержатель,
7 – катодные диски, 8 – источник питания,
9 – распыляемые катоды-мишени

Для проверки возможности управления элементарным составом формируемого покрытия в процессе осаждения проведены несколько серий экспериментов:

Серия 1. Формирование покрытия из основного сплава Co-Cr-Al-Y. (образец 1). Для этого 10 катодов-мишеней изготавливали из основного сплава.

Серия 2. К основному сплаву Co-Cr-Al-Y добавляли алюминий. Для этого два катода-мишени, изготовленных из алюминия, дополнительно устанавливали в вакуумную камеру (образец 2).

Серия 3. К основному сплаву Co-Cr-Al-Y дополнительно добавляли алюминий и никель. Для этого устанавливали 10 катодов-мишеней из сплава Co-Cr-Al-Y, один катод-мишень из алюминия, а второй катод-мишень – из никеля (образец 3).

Серия 4. К основному сплаву Co-Cr-Al-Y добавляли алюминий, никель и хром. Для этого устанавливали 9 катодов-мишеней из сплава Co-Cr-Al-Y, один катод-мишень из алюминия, один из никеля и один катод-мишень из хрома (образец 4).

Основная часть. Формирование покрытий проводили при давлении рабочего газа ~0,7 Па и подводимой к разряду электрической мощности 2,2 кВт, при этом на подложкодержатель подавали постоянный положительный потенциал. Величину потенциала подбирали экспериментально из условия обеспечения максимальной

скорости осаждения [15]. Перед осаждением покрытия подложки подвергались ионной очистке.

Исследования покрытий проводили на электронном растровом микроскопе JSMT-300 с приставкой для рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) «Phoenix» фирмы EDAX, США. Химический состав поверхности покрытия определяли рентгенофлуоресцентным методом на приборе EX-6500 фирмы BAIR, США.

В результате исследований химический состав покрытия, его толщина, состояние переходной зоны, рельеф поверхности и наличие капельной фазы. Исследование микроструктуры усложнялось тем, что в качестве подложки был использован мягкий материал – медь. При изготовлении микрошлифов удаление меди происходило интенсивней, чем покрытие и на границе с покрытием образовывался уступ, который придавал некоторое искажение при получении микрофотографий.

Из результатов рентгенофлуоресцентного анализа (табл. 1) следует, что набор химических элементов в покрытии на каждом из образцов аналогичен, а концентрация их зависит от условий процесса осаждения и может быть задана в широком диапазоне;

Таблица 1

Химический состав

№ образца	Толщина покрытия, мкм	Al	Cr	Fe	Co	Ni	Ti	Y	Zr	Cu (подложка)
1	16	6,0	19,0	8,1	50,0	1,7	10,5	0,45	1,40	2,30
2	20,4	36,5	13,6	5,0	33,0	0,55	6,2	0,27	0,60	3,20
3	27,3	21,5	8,9	2,2	25,4	36,4	3,0	0,40	0,09	0,67
4	33,3	22,0	16,0	2,4	14,6	40,3	3,6	0,30	0,09	0,20

Выявлено наличие в сформированном покрытии незначительного процентного содержания материала подложки. По мере роста толщины покрытия процентное содержание материала подложки резко уменьшалось.

В составе покрытий образцов 1,2,3,4 обнаружены посторонние примеси в количестве, масс %: 0,55; 1,08; 1,44; 0, 51, соответственно. Наличие посторонних примесей в покрытии вызвано конструктивными особенностями вакуумного отсека. Так, например, полюса магнитной системы изготовлены из магнитопроводящей стали, а экраны, закрывающие изоляторы – из титана, которые подвергались незначительному распылению.

Так как целью исследования являлось определение возможности получения многокомпонентных покрытий с заданным процентным соотношением компонентов, то наличием примесей в покрытии, в данном случае, можно пренебречь. Однако для получения многокомпонент-

ных покрытий без примесей необходимо осуществлять экранирование конструктивных элементов вакуумного отсека из материалов, составляющих покрытие.

В экспериментах серии 1 скорость осаждения базового покрытия (сплав CoCrAlY) составила 0,8 мкм/ч. Так как в остальных сериях экспериментов добавляли алюминий, никель и хром, то толщина сформированных покрытий больше, чем толщина базового покрытия. Относительно низкая скорость осаждения дополнительных компонентов обусловлена малой площадью катодов-мишеней, изготовленных из добавляемых материалов, относительно площади катодов-мишеней, изготовленных из базового сплава.

Анализ полученных результатов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) в режиме поточечного линейного сканирования покрытия (рис. 2) на образцах 1–4 позволяет сделать вывод о формировании переходного слоя между подложкой и покрытием.

По результатам рентгеноспектрального микроанализа в режиме поточечного линейного сканирования показано, что химический состав по толщине покрытий постоянный, диффузионная зона практически отсутствует, что обусловлено довольно низкой энергией ионов материала, осаждаемого на подложку (рис. 3–6). Известно, что ширина диффузионной зоны прямо пропорциональна температуре подложки, которая зависит от энергии ионов осаждаемого материала и плазмообразующего газа. Для увеличения диффузионной зоны рекомендуется проводить диффузионный отжиг или вести формирование слоя на нагреваемой подложке.

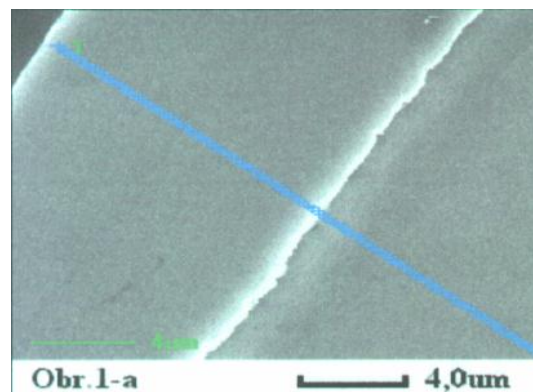


Рис. 2. Линия сканирования электронного зонда

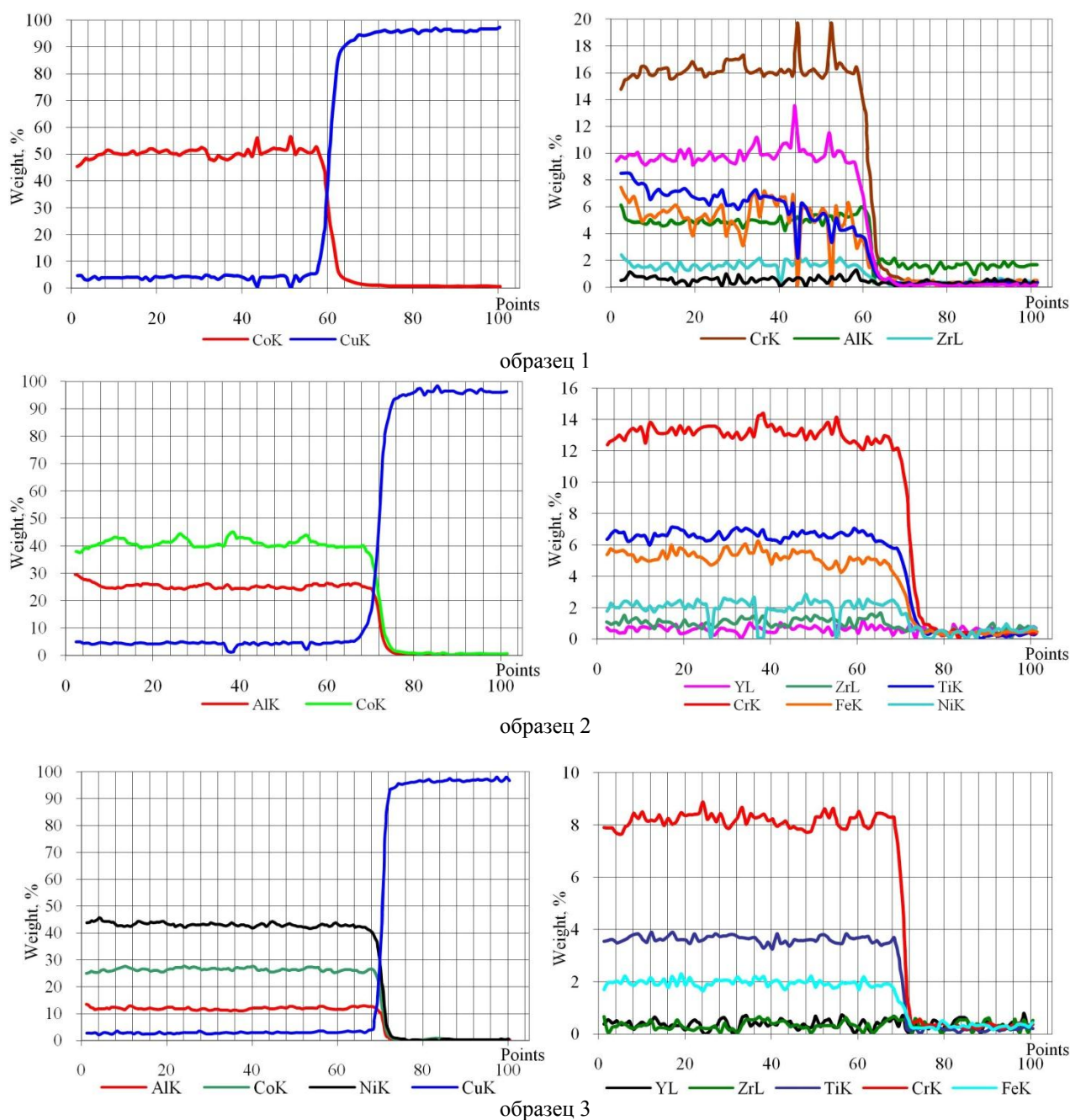


Рис. 3. Распределение химических элементов по толщине покрытий образцов (начало)

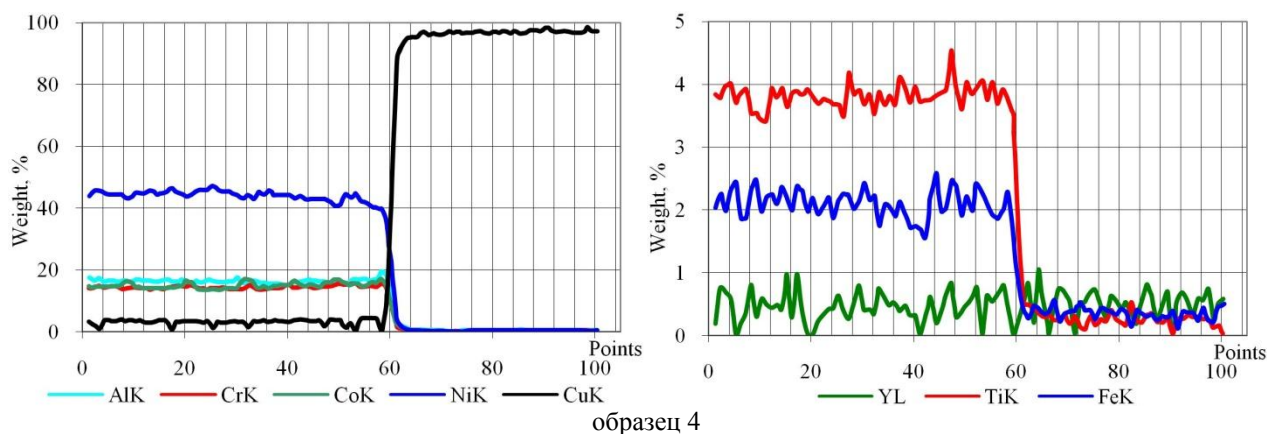


Рис. 3. Распределение химических элементов по толщине покрытий образцов (окончание)

Выводы. Исследования сформированных многокомпонентных покрытий позволили установить, что: набор химических элементов в покрытии на каждом из образцов аналогичный; массовая концентрация элементов зависит от условий процесса осаждения и может быть задана в широком диапазоне; распределение химических элементов по толщине на образцах постоянное, граница с подложкой отчетлива, зона диффузионного сцепления практически отсутствует; покрытие плотное, без раковин; характер микрорельефа поверхности определяется условиями формирования покрытий.

**Статья подготовлена в рамках выполнения проекта по программе СТАРТ-2016 № 1357ГСИ/22758.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ачимов А.А., И.М. Толмачев, С.Ю. Удовиченко, Исследование жаростойкого диффузионного покрытия на лопатках газотурбинных двигателей из жаропрочного никелевого сплава // Вестник Тюменского государственного университета. 2014. № 7. С. 105–111.
2. Мубояджян С.А., Будиновский С.А., Терехова В.В. Ионно-плазменные диффузионные алюминидные покрытия лопаток газовых турбин // Металловедение и термическая обработка металлов. 2003. №1. С. 14–21.
3. Рамазанов А.Н., Бегликчиев П.В. Исследование вакуумного ионно-плазменного покрытия, полученного электродуговым распылением многокомпонентного катода состава Ti-AL-ZR-MO // Машиностроение, материаловедение и термическая обработка металлов. 2008. №10. С. 108–112.
4. Тарасенко Ю.П. Физико-механические и коррозионные свойства ионно-плазменных покрытий нитрида титана, полученных при разных парциальных давлениях реакционного газа // Физика и химия обработки материалов. 2006. №4. С. 42–45.
5. Илларионов А.Г., Попов А.А. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 2014. 137с.
6. Береснев В.М., Копейкина М.Ю., Клименко С.А. Многокомпонентные и многослойные вакуумно-дуговые покрытия для режущего инструмента // Вопросы атомной науки и техники. 2008. №1. С. 152–158.
7. Белецкий В., Киреев В., Князев С., Челапкин Д. Применение вакуумно-плазменных технологий в электронике // Современная электроника. 2002. №2. С. 12–18.
8. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. Техносфера, 2006. 527с.
9. Мухин В.С., Киреев Р.М., Шехтман С.Р. Технология нанесения вакуумных ионно-плазменных наноструктурированных покрытий Ti-TiN // Вестник УГАТУ. 2011. №15. С. 212–214.
10. Киреев Р.М. Синтез покрытий из интерметаллида систем Ti-Al конденсацией плазменных потоков, генерируемых вакуумной дугой // Вестник УГАТУ. 2008. №1. С. 96–99.
11. Костюк Г.И., Син Юаньдун, Куринный А.Н. Методика выбора последовательности слоев и подслоев в многослойных покрытиях в зависимости от температурных условий работы // Науково-технічний та громадянський часопис Президії Академії інженерних наук України «Вісті» видавн. АІНУ. 2006. №3. С. 45–58.
12. Пат. 2490369 Российская Федерация, МПК С 23С 14/35. Устройство для нанесения многослойных покрытий на изделия / В.Е. Белецкий; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "ЭСТО-Вакуум". - № 2012110774/02, заявл. 21.03.12; опубл. 20.08.13. Бюл. № 23.

13. Пат. 2379378 Российская Федерация, МПК С 23С 14/35. Способ ионно-плазменного нанесения многокомпонентных пленочных покрытий и установка для его осуществления / Д.Д. Сливаков, В.С. Митин; патентообладатель Д.Д. Сливаков, В.С. Митин. - № 2007123690/02, заявл. 26.07.06; опубл. 20.01.10. Бюл. № 2.

14. Пат. 2210620 Российская Федерация, МПК С 23С 14/35. Способ ионно-плазменного нанесения многокомпонентных пленочных покрытий, мозаичная мишень для его осуществления и способ изготовления мишени / М.И. Гусева, М.В. Атаманов,

Ю.В. Мартыненко, Ю.В. Московкин, В.С. Митин, А.В. Митин, С.А. Ширяев; патентообладатель С.А. Ширяев. - № 2001134537/02, заявл. 21.12.01; опубл. 20.08.03. Бюл. № 23.

15. Патент на полезную модель 159075 Российская Федерация, МПК С 23С 14/35. Устройство для получения многокомпонентных многослойных покрытий / В.П. Колесник, В.В. Колесник, Ю.К. Рубанов, Е.И. Евтушенко, Д.С. Прохоренков; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2015129213/02, заявл. 16.07.15; опубл. 27.01.16, Бюл. № 3.

Kolesnik V.V., Rubanov Yu.K., Tokach Yu.E.

MULTI-COMPONENT COATINGS FORMATION ON POLYCATHODE MAGNETRON SPUTTERING SYSTEMS

Results of experiments aimed at obtaining multi-component coatings, having a wider range of properties compared to single-component coatings, are provided. Process of formation of coating based on multi-component alloy Co(18...20 %)-Cr(5...7 %)-Al(0,3...0,4 %)-Y(0,2...0,5) was studied. Chemical composition and thickness of the coating as well as the state of the transition layer were also studied. Results of electron probe and X-ray fluorescence microanalysis of obtained coatings are provided. This paper also demonstrates that the properties of surface microrelief are determined by the conditions of coating formation; that each sample of coating has similar sets of chemical elements, that their concentration depends on precipitation conditions, chemical elements are equally distributed along the thickness of samples, and the diffusion zone of coating materials and substrate is almost non-existent. Low content of substrate material was found in obtained coatings. As coating thickness increased, content of substrate material decreased sharply.

Key words: multi-component coating, magnetron system, transition layer, substrate, target cathode.

Колесник Валерий Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: vv_kolesnik@mail.ru

Рубанов Юрий Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: yrubanov@yandex.ru

Токач Юлия Егоровна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: tokach@bk.ru

Лимаренко Михаил Витальевич, ведущий инженер НИЛ кафедры технологии стекла и керамики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: tokach@bk.ru

Семикопченко И.А., канд. техн. наук, доц.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Юрченко А.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ЧАСТИЦ УДАРОМ В ЗОНЕ УСТАНОВКИ БРОНЕПЛИТ КЛАССИФИЦИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЕЗИНТЕГРАТОРА

chentsov.1995@mail.ru

В данной статье дано математическое описание процесса ударного разрушения частиц материала в зоне действия бронеплит классифицирующего устройства в камере помола дезинтегратора. Определены основные параметры, оказывающие влияние на эффективность дополнительного ударного измельчения материала в периферийной части камеры помола дезинтегратора.

Ключевые слова: дезинтегратор, бронеплита, ударное измельчение.

Одним из недостатков работы дезинтеграторов является незначительное количество соударений частиц материала в периферийной зоне камеры помола [1]. В связи с этим нами

была разработана конструкция дезинтегратора с вращающимся классифицирующим устройством (рис. 1).

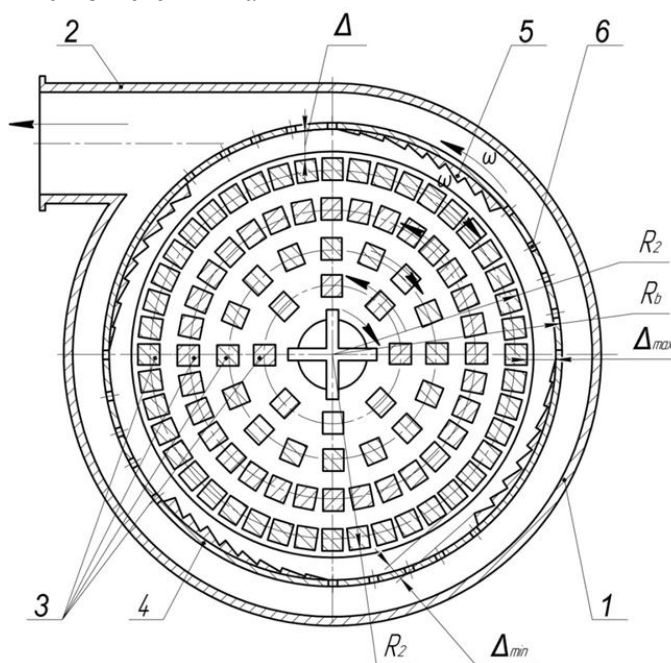


Рис. 1. Схема дезинтегратора с классифицирующим устройством:

1 – корпус; 2 – разгрузочный патрубок; 3 – ударные элементы; 4 – классифицирующее устройство;
5 – бронеплиты; 6 – перфорированная секция.

В том случае, когда кинетическая энергия частицы материала, диаметр которой после схода с внешнего ряда ударных элементов удовлетворяет соотношению

$$E_k \geq E_0, \quad (1)$$

то частица достигает поверхности бронеплиты классифицирующего устройства дезинтегратора.

Здесь E_k – кинетическая энергия частицы материала, сошедшей с внешнего ряда ударных элементов; E_0 – кинетическая энергия движения двухфазного потока (воздушный поток и части-

цы материала) в зоне между внешним рядом ударных элементов и участком бронеплит.

Величина кинетической энергии частицы равна [2]:

$$E_k = \frac{m_r \vartheta^2}{2}, \quad (2)$$

где m_r – масса частицы; ϑ – абсолютная величина скорости схода частицы материала с радиально расположенного ударного элемента внешнего ряда.

Частица материала при ударе о бронеплиту свою кинетическую энергию расходует на упругую деформацию:

$$E_k = \frac{6_0 V}{2E}. \quad (3)$$

Здесь σ_0 – напряжение, возникающее в объеме V частицы материала; E – модуль упругости.

С учетом (2) (3) принимает вид:

$$\frac{m_r \vartheta^2}{2} = \frac{6_0 V}{2E}. \quad (4)$$

Если учесть, что:

$$m_r = \rho \cdot V, \quad (5)$$

где ρ – плотность материала частицы и формулу [3]

$$\vartheta = \frac{\omega R_2}{2f} \cdot \alpha_0, \quad (6)$$

где введено следующее обозначение:

$$\alpha_0 = \sqrt{4f^2 + \left(1 - \frac{l_r}{R_2}\right)^2}, \quad (7)$$

где f – коэффициент трения частицы о поверхность ударного элемента; R_2 – радиус внешнего ряда ударных элементов; l_r – ширина ударного элемента в радиальном направлении; ω – частота вращения ротора, тогда соотношение (4) можно преобразовать к следующему виду:

$$\frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot R_2^2}{4f^2} = \alpha_0^2 = \frac{6_0^2}{E}. \quad (8)$$

На основании (8) находим, что в результате удара частицы материала о бронеплиту в объеме частицы возникает напряжение, равное:

$$6_0 = \frac{\omega R_2}{2f} \cdot \alpha_0 \cdot \sqrt{\rho \cdot E}. \quad (9)$$

Разрушение частицы материала в результате удара ее о бронеплиту произойдет при выполнении следующего неравенства:

$$6_0 \geq 6_p, \quad (10)$$

где σ_p – разрушающее значение напряжения.

С учетом (9) соотношение (10) принимает вид:

$$\frac{\omega R_2}{2f} \cdot \alpha_0 \sqrt{\rho \cdot E} \geq 6_p. \quad (11)$$

Подстановка (7) в (11) позволяет получить окончательно следующее неравенство:

$$\omega R_2 \geq \frac{2f 6_p}{\alpha_0 \sqrt{\rho \cdot E}}. \quad (12)$$

Таким образом, разрушение частицы материала при ударе о бронеплиту установленного в дезинтеграторе классифицирующего устройства произойдет при выполнении соотношений (1) – (3) и (12).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикатных изделий. М.: Стройиздат, 1962. 636 с.
2. Кухлинг К. Справочник по физике. 2 изд. М.: Мир, 1985. 520 с.
3. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П. Теоретические исследования скорости движения частиц материала вдоль поверхности ударного элемента мельницы дезинтеграторного типа // Известия ВУЗов. Строительство. 2008 № 11-12. С. 93–96.

Semikopenko I.A., Voronov V.P., Yurchenko A.S.

DIVIDED PARTICLES IMPACT ZONE SETTING THE ARMOR PLATES ARE CLASSIFIED DEVICES DISINTEGRATOR

In this paper, a mathematical description is given of the process of impact destruction of material particles in the range of the armor plate of the classifier in a grinding chamber of a disintegrator. The main parameters influencing of the efficiency additional impact grinding of the material in the peripheral part of the chamber grinding of the disintegrator are determined.

Key words: disintegrator, armored plate, impact grinding

Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Воронов Виталий Павлович, кандидат математических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Юрченко Дмитрий Сергеевич, аспирант.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: chentsov.1995@mail.ru

ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ

anmakarof@yandex.ru

Для эффективной организации и управления строительными процессами необходимо иметь технологии для анализа и оценки их состояния, а также для прогнозирования их развития. На данный момент эта область строительного производства недостаточна изучена, существует малое количество эффективных компьютерных технологий, позволяющих частично автоматизировать принятие организационно-управленческих решений. Один из современных методов их создания базируется на использовании искусственных нейронных сетей (ИНС). Автор приводит преимущества данной методологии в сравнении с классическим регрессионным анализом.

Статья посвящена созданию ИНС, аппроксимирующей строительный процесс возведения кровельных конструкций. С помощью системного анализа и экспертных опросов разработана 4-слойная ИНС прямого распространения с количеством узлов 12-5-4-1. Для ввода и вывода информации автор использует концепцию теории нечетких множеств, решая этим проблемы неопределенности и оценки качественных параметров системы. Подробно отображено функционирование каждого слоя ИНС. В заключении автор обозначает задачи последующего исследования, связанные с обучением ИНС и внедрением в строительную компанию.

Ключевые слова: организация и управление строительным процессом, кровельные конструкции, искусственная нейронная сеть (ИНС), поддержка принятия решений.

Введение. В настоящее время идет активная разработка и внедрение в большинство сфер строительной отрасли различных новых информационных технологий [1], призванных автоматизировать часть входящих в нее процессов, что позволит сократить продолжительность и стоимость, а также повысить их качество. Но при этом процедура организации и управления строительными процессами остается слабо формализованной, их оценка и регулирование в основном остается прерогативой инженерно-технических работников (ИТР) строительных компаний и руководителей проекта, при этом часто практикуется эвристический подход к решению данных проблем. Это связано с малым количеством эффективного программного обеспечения, способного к достоверной оценке и прогнозированию строительного процесса, имеющего достаточно широкий спектр применения и высокую скорость внедрения. Разработаны различные базы данных, структурирующие поступающую со строительных объектов информацию, и ряд экспертных систем, осуществляющих поддержку принятия организационно-технологических решений при производстве работ [2]. Последние за счет большой стоимости и времени внедрения, получили малое практическое распространение, и пока носят больше экспериментальный характер. Обозначенная проблема существует, в том числе, из-за сложности восстановления регрессий в сфере организационно-технологических процессов строительства,

связанной с большим количеством параметров [3], трудностями их численной оценки, большим влиянием человеческого фактора, а также большой трудоемкостью постановки натурных экспериментов.

Методология. В последние 20 лет, наряду с методологией классического регрессионного анализа, идет активное внедрение ПО, разработанного на основе искусственных нейронных сетей (ИНС), в различных областях человеческой деятельности, в том числе и в строительстве [4, 5, 6]. Это обусловлено, во-первых, универсальностью ИНС за счет свободной архитектуры построения, которая может включать несколько уровней с различными наборами связей между элементами, тем самым ИНС может быть применена почти к любому «дереву свойств», полученному в результате системного анализа объекта исследования. Во-вторых, сравнительно простыми и легко программируемыми алгоритмами обучения сети, позволяющими получать искомые зависимости в различных условиях и в короткие сроки, обеспечивая низкую трудоемкость создания и высокую адаптивность ИНС. В-третьих, наличием специфических инструментов, таких, как порог, функция активации, обратные связи, память и другие, которые позволяют ИНС аппроксимировать зависимости в многофакторных сложно формализуемых задачах [7]. Теоретические и практические результаты исследований различных процессов с помощью ИНС, показали, что использование данного

подхода в задачах восстановления зависимостей не уступает классическому методу восстановления регрессий, и часто дает лучшие результаты [8]. В России применение ИНС для исследований по строительной тематике носит локальный характер [9, 10] и недостаточно развито, в отличие от мировой научной деятельности, имеющей теоретические и практические результаты успешной реализации ИНС в различных областях строительства, в том числе в сфере организации и управления производством, от земляных работ [11] до эксплуатации построенных объектов [12]. Данное исследование посвящено созданию инструмента на основании ИНС для оценки и прогнозирования строительного процесса по возведению кровельных конструкций, предназначенного для поддержки принятия организационно-технологических и управленческих решений на стадии планирования и производства строительных работ. В статье представлены результаты работы автора, посвященной

созданию архитектуры ИНС и формированию законов ее функционирования.

Основная часть. Автор разработал ИНС на основе многослойного персептрона, первая модель которого была создана Ф. Розенблатом [13]. Структура ИНС (рис.1) строится вокруг 5 основных параметров: Qw – квалификация рабочих, Cs – строительный контроль, It – информационная технология, Ts – трудовые ресурсы, Wc – погодные условия, и главных переменных системы (критериев ее оценки): E – эффективность, S – безопасность, Q – качество, R – ресурсосбережение. Указанные параметры входят в массив факторов, оказывающих влияние на объект исследования, который получен в ходе его системного анализа. В результате анкетного опроса экспертов из строительной отрасли были выявлены 5 приоритетных параметров [14], указанных выше, которые являются нейронами второго слоя ИНС.

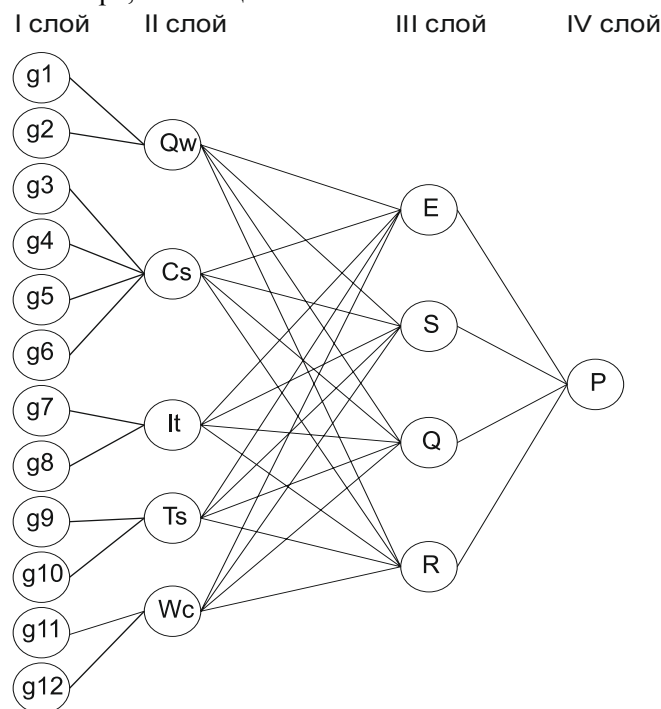


Рис. 1. Структура ИНС

Первый или входной слой ИНС – это сенсоры, которые воспринимают поступающую из внешней среды информацию и преобразуют ее на язык системы. Данный слой состоит из элементарных организационно-технологических факторов строительного процесса, которые принадлежат массиву, полученному путем морфологического анализа параметров системы. По аналогичной процедуре с привлечением экспертов из данного массива были выделены приоритетные факторы, некоторые из них были объединены в один на основании положительной корреляционной связи между ними. Таким обра-

зом каждый нейрон второго слоя имеет свой уникальный набор сенсоров Qw: g₁ – опыт работы, компетенции, g₂ – трудовая дисциплина (данный фактор объединяет в себе такие понятия, как субординация, бережное отношение к инструменту и стройматериалам, отсутствие ненормированных перерывов и т.п.); Cs: g₃ – мастер, g₄ – прораб, g₅ – инженер технического надзора, g₆ – начальник участка; It: g₇ – исполнительная документация, g₈ – электронный документооборот (включает в себя также оснащение строительного участка необходимой компьютерной техникой, ведение фотоконтроля); Ts: g₉

- комплектация звеньев (в соответствии с нормам организации труда и состава работ), g_{10} – состав производственных потоков (в соответствии с графиком производства работ); Wc : g_{11} – непосредственно погодные условия, g_{12} – выполнение необходимых дополнительных мероприятий по производству работ в специфических погодных условиях. Каждый сенсор g представляет собой элементарный организационно-технологический фактор, для измерения которого применяется разработанный в предыдущих работах [15] аппарат измерения компонентов системы АИКС (рис.2). на основе теории нечетких множеств [16].

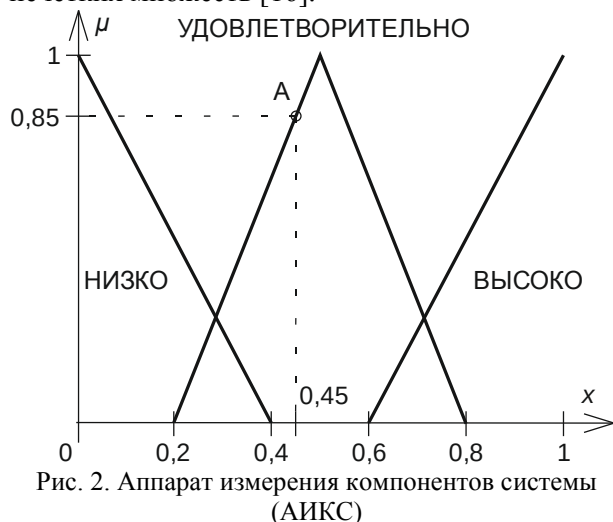


Рис. 2. Аппарат измерения компонентов системы (АИКС)

Каждый нейрон ИНС разработан на основе структуры искусственного нейрона МакКалок-Питтса и включает в себя каналы связи - синапсы, по которым передаются сигналы к нейронам сети, сумматор, формирующий входной сигнал нейрона, функцию активации, которая преобразует полученную нейроном информацию в выходной сигнал. В созданной ИНС отсутствует классическое понятие порога – величины, регулирующей включение нейрона в зависимости от поступившего на него значения суммарного сигнала. Таким образом сгенерированные на нейронах второго слоя сигналы передается на третий слой нейронов, которыми выступают главные переменные системы (E, S, Q, R). На данном слое происходит переработка полученной информации о параметрах системы в соответствии с важнейшими критериями строительного процесса. Полученные после преобразования функциональные сигналы с третьего слоя передаются на последний или выходной слой сети, который имеет один нейрон – потенциал строительного процесса (P), представляющий собой интегральную оценку всей системы. В данном нейроне происходит свертка всей извлеченной из объекта исследования информации, которая преобразуется ИНС в одно значение,

являющееся выходом сети. Проводя аналогию с человеческим мозгом, по примеру которого возникли первые ИНС, выходной нейрон (P) – это окончательный вывод о каком-либо объекте или процессе, который человек подверг анализу по нескольким важнейшим критериям (нейроны E, S, Q, R), основываясь на переработанной им информации (нейроны Wc, It, Ts, Cs, Qw), которую он получил из органов чувств (сенсоры g).

1-слой – сенсоры. Оператор, в роли которого выступает руководитель проекта, обрабатывает полученную от реальной системы информацию по каждому элементарному фактору и оценивает его с помощью АИКС, сначала определяя лингвистический терм, заданный в виде нечеткого множества, а затем степень принадлежности μ к нему. Тем самым оператор задает координаты точки ввода $(x | \mu)$, например, точка A (0,45|0,85), принадлежащая лингвистическому терму – «удовлетворительно». В сенсоре происходит дефаззификация полученной информации в сигнал x , который представляет собой абсциссу точки ввода в системе координат АИКС. Таким образом выполняется цепь операций кодирования полученной из внешней среды информации на язык системы. Вектор входных сигналов ИНС запишем в виде $\{x_g\}^m$, где g – индекс сенсора, m – количество сенсоров.

2-слой – нейроны параметров Qw, Cs, It, Ts, Wc. На данном слое каждый нейрон j имеет набор своих уникальных сенсоров $g \in G_j$, от которых по синапсам поступает вектор входных сигналов $\{x_g\}^{G_j}$. Каждый канал связи имеет свою пропускную способность или синаптический вес w_{gj} . Следовательно, на нейрон поступает вектор импульсов $\{x_g w_{gj}\}^{G_j}$, который с помощью сумматора преобразуется в единственный входной функциональный сигнал, индуцированное локальное поле нейрона

$$v_j = \sum_g^{G_j} x_g w_{gj} . \quad (1)$$

В нейроне индуцированное локальное поле преобразуется согласно функции активации. Исследуемая система включает в себя множество нелинейных процессов, также для применения некоторых алгоритмов обучения, функция активации должна быть непрерывно дифференцируема. Известно, что сигмоидальные функции хорошо зарекомендовали себя в задаче восстановления регрессии с помощью нейронных сетей [17]. В связи с этим за функцию активации примем логистическую функцию

$\varphi(v) = 1/(1 + \exp(-av))$, где a – константа, отвечающая за наклон функции $\varphi(v)$. На данном этапе исследования примем условие

$$\sum_{i=1}^i w_i = 1, \quad (2)$$

где i – количество связей, приходящих на один нейрон ИНС. Тогда максимально возможное индуцированное локальное поле нейрона $v=1$ при значении всех входных сигналов $x_g=1$.

Подберем коэффициенты функции $\varphi(v)$ таким образом, чтобы по возможности сократить участки резкого линейного роста и насыщения сигмоиды в интервале аргумента $[0; 1]$, для этого примем константу $a=8$ и зададим смещение равное 4, тогда получим следующую функцию активации

$$\varphi(v) = \frac{1}{1 + \exp(4 - 8v)}, \quad (3)$$

график которой изображен на рис. 3.

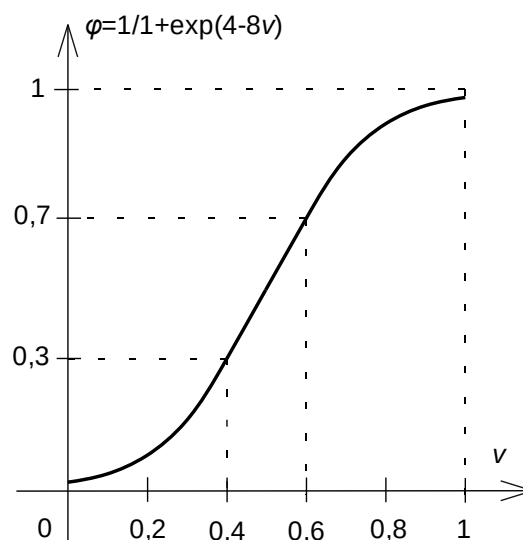


Рис. 3. Функция активации нейронов j и k

От константы a зависит степень увеличения сильных сигналов и уменьшения слабых, это будет иметь влияние на сходимость ИНС, поэтому константа a может быть изменена в процессе обучения, так же, как и условие (1). В итоге на втором слое сети происходит нелинейное преобразование вектора входных сигналов $\{x_g\}$ в вектор сигналов $\{y_j\}$ (рис.4).

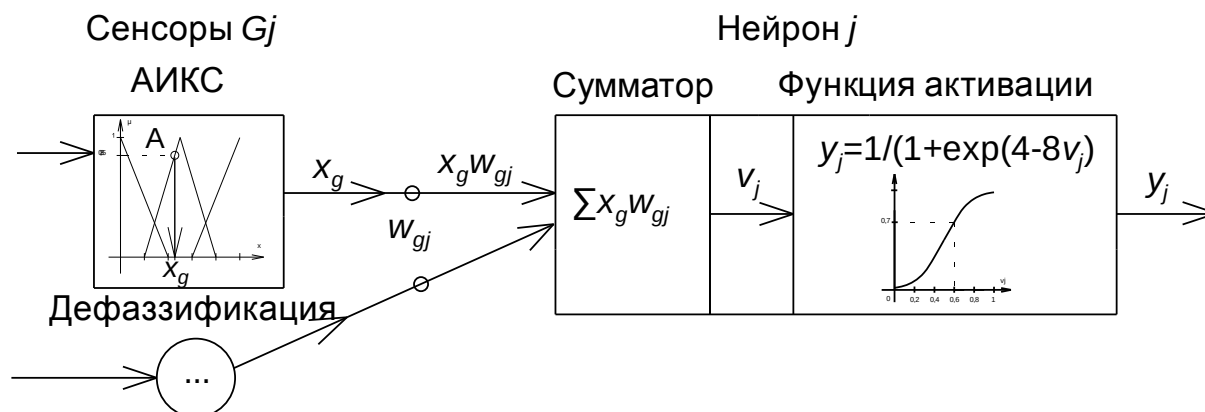


Рис. 4. Функционирование нейронов j

3-слой – нейроны главных переменных E, S, Q, R. Полученный на втором слое ИНС вектор сигналов $\{y_j\}$ по синапсам передается на третий слой нейронов k . Каждый нейрон данного скрытого слоя получает сигналы от всех нейронов предыдущего слоя соответственно по пяти каналам связи, имеющих свои индивидуальные синаптические веса w_{jk} . В остальном функционирование нейронов данного слоя идентично работе нейронов предыдущего слоя (рис. 5).

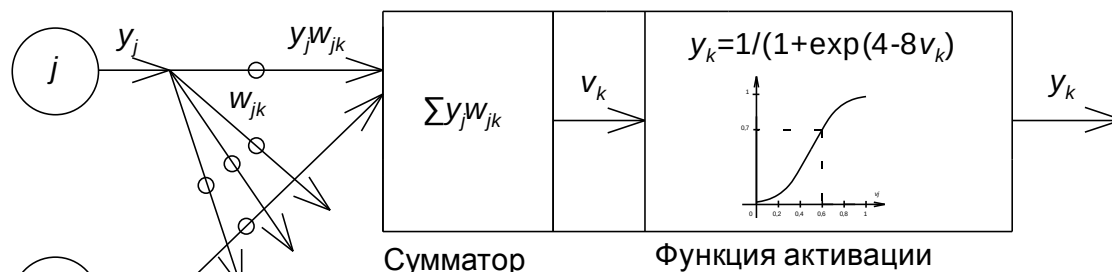
На третьем слое происходит второй этап нелинейного преобразования информации, полученной от параметров системы по каждой главной переменной, таким образом формирует-

ся вектор сигналов, характеризующий строительный процесс по каждому критерию.

4-слой – нейрон потенциала строительного процесса P. Выходной слой ИНС состоит из единственного нейрона – потенциала строительного процесса P , представляющего собой интегральный показатель, характеризующий как реальное состояние объекта, так и его перспективы развития. Нейрон P объединяет в себе всю информацию, прошедшую через сеть, принимая во внимание, что двойного этапа нелинейного преобразования, выполненного на двух предыдущих слоях, вполне достаточно для учета нелинейностей исследуемой системы, установим линейный закон его функционирования. Тогда сумма импульсов выходных сигналов нейронов

k преобразуется в нейроне P согласно функции активации $\varphi(v_p) = bv_p$, где b – константа, от которой зависит скорость роста функции активации, а, следовательно, область значений выходных сигналов нашей сети, примем $b=10$. Полученный на нейроне P выходной сигнал сети

Нейроны j



Нейрон k

Рис. 5. Функционирование нейронов k

Нейроны k

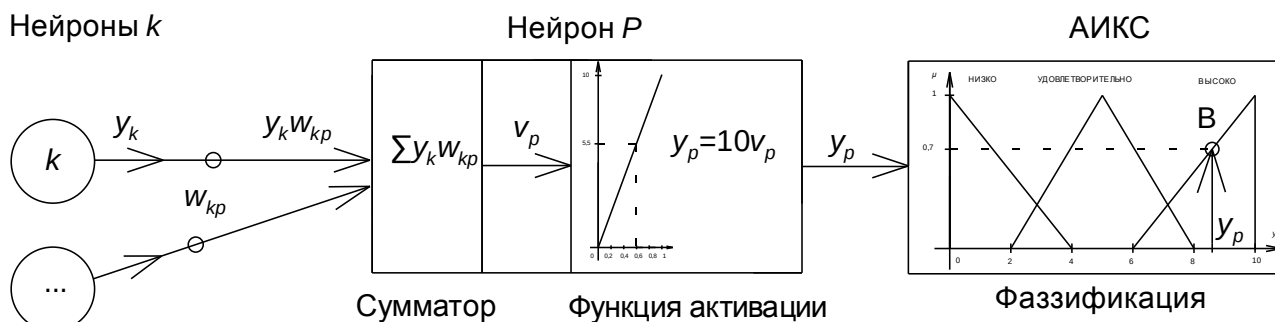


Рис. 6. Функционирование нейрона P

Выводы. Полученная в статье ИНС имеет свободные параметры – весовые коэффициенты связей w , определение значений которых, есть задача обучения сети. Обучение ИНС – важнейший этап ее создания, от успешного завершения которого зависят перспективы ее практической реализации. Существует несколько подходов к обучению ИНС, имеющие различные алгоритмы осуществления, которые вместе со статистическими аспектами обучения представляют собой достаточно широкую область для исследований, объединенную термином «машинное обучение», и требуют отдельного рассмотрения. После обучения строительная компания получит инструмент, способный по поступающей со строительного объекта информации о состоянии основных организационно-технологических факторов процесса возведения кровельных конструкций прогнозировать его результаты по выбранным критериям или их совокупности. Таким образом при автоматизации данного процесса происходит моментальная обработка имеющихся данных с получением достоверной оценки, что ускоряет и облегчает

y_p проходит фазификацию в точку В (по аналогии с сенсорной дефазификацией только в обратном порядке), принадлежащую одному из графиков в АИКС, определяя лингвистический терм потенциала строительного процесса P и степень принадлежности к нему (рис. 6).

процесс принятия организационно-управленческих решений как на стадии планирования строительного процесса, так и во время его производства. И впоследствии позволит уменьшить финансовые затраты на строительство за счет сокращения штата сотрудников, осуществляющих технический надзор и поддержку принятия решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Синенко С.А., Кузьмина Т.К. Современные информационные технологии в работе службы заказчика (технического заказчика) // Научное обозрение. 2015. №18. С. 156–159.
2. Лapidус А.А. Формирование интегрального потенциала организационно-технологических решений посредством декомпозиции основных элементов строительного проекта // Вестник МГСУ. 2016. №12. С. 114–123.
3. Олейник П.П., Бродский В.И. Особенности организации строительного производства при реконструкции зданий и сооружений // Тех-

нология и организация строительного производства. 2013. №4. С. 40–45.

4. Taffese W.Z., Sistonen E. Neural network based hygrothermal prediction for deterioration risk analysis of surface-protected concrete facade element // *Construction and Building Materials*. 2016. №113. P. 34–48.

5. Kumar R., Aggarwal R.K., Sharma J.D. Energy analysis of a building using artificial neural network: A review // *Energy and Buildings*. 2013. №65. P. 352–358.

6. Crivelli D., Guagliano M., Monici A. Development of an artificial neural network processing technique for the analysis of damage evolution in pultruded composites with acoustic emission // *Composites Part B: Engineering*. 2014. №56. P. 948–959.

7. Cybenko G. Approximation by superpositions of a sigmoidal function // *Mathematics of Control Signals Systems*. 1989. №2. P. 303–314.

8. Tiriyaki S., Aydin A. An artificial neural network model for predicting compression strength of heat treated woods and comparison with a multiple linear regression model // *Construction and Building Materials*. 2014. №62. P. 102–108.

9. Скоробогатченко Д.А. Прогнозирование состояния сложных объектов автодорожного комплекса на основе нечетких нейронных сетей // *Вестник ВолгГАСУ*. 2016. №45. С. 188–198.

10. Кираковский В.В., Пылькин А.Н., Фаддеев А.О. Анализ возможностей применения нейро-нечетких технологий при разработке про-

ектов застройки территорий в условиях неполноты исходных данных // *Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии*. 2015. №1. С. 74–86.

11. Hola B., Schabowicz K. Estimation of earthworks execution time cost by means of artificial neural networks // *Automation in Construction*. 2010. №19. P. 570–579.

12. Attoh-Okine N.O., Appea A.K. Comparative analysis of artificial neural networks and evolutionary programming in roof deterioration modeling // *Construction and Building Materials*. 1999. №13. P. 311–320.

13. Rosenblatt F. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain // *Psychological Review*. 1958. №6. P. 386–408.

14. Lapidus A., Makarov A. Model for the potential manufacture of roof structures for residential multi-storey buildings // *Procedia Engineering*. 2016. №153. P. 378–383.

15. Lapidus A., Makarov A. Fuzzy sets on step of planning of experiment for organization and management of construction processes // *Matec web of conferences*. 2016. №86. №05003.

16. Zadeh L.A. Fuzzy sets // *Information and Control*. 1965. №8. P. 338–353.

17. Andrew R. Barron. Universal approximation bounds for superpositions of a sigmoidal function // *IEEE Transactions on information theory*. 1993. №39. P. 930–945.

Makarov A.N.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION PROCESS

For effective organization and management of construction processes, it is necessary to have technologies for analyzing and evaluating their condition, and also for forecasting their development. Now this area of construction is not sufficiently studied, there is a small number of effective computer technologies that allow to partially automate making organizational and managerial decisions. One of the modern methods of their creation is based on artificial neural networks (ANN). The author gives advantages of this methodology in comparison with the classical regression analysis. This article represents the creation of ANN, which approximates construction process of roof structures. Through systems analysis and expert surveys, the author has designed a 4-layer feedforward ANN with a node pattern of 12-5-4-1. For input and output of information the author used the fuzzy set theory, solving problems of uncertainty and estimation of qualitative parameters of the system. The functioning of each ANN layer is shown in detail. In conclusion, the author defined the tasks of the future research, related to the ANN learning and implementation to the construction company.

Key words: construction organization and management, roof structures, artificial neural network (ANN), decision-making support.

Макаров Александр Николаевич, аспирант кафедры технологии и организации строительного производства. НИУ Московский государственный строительный университет.
Адрес: Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.
E-mail: anmakarof@yandex.ru

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

DOI: 10.12737/article_58e6133828b832.29820023

Горлов А.С., канд. техн. наук, доц.,
Савотченко С.Е., д-р физ.-мат. наук, проф.,
Петрашев В.И., ст. препод.,
Горлов К.А., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГАЗОВЫЙ ПОТОК В ВИХРЕ-АКУСТИЧЕСКОМ ДИСПЕРГАТОРЕ

belgoras@mail.ru

Рассмотрена математическая модель механизма акустического воздействия на ограниченные газовые потоки в коротких вихревых камерах. Для управления аэродинамическими, турбулентными параметрами течений воздуха в вихревых камерах вихре-акустических диспергаторов используются цилиндрические резонаторы. Получены распределения давления в камере вихре-акустического диспергатора и в самих резонаторах.

Ключевые слова: короткие вихревые камеры, цилиндрические резонаторы.

Введение. Механизм акустического воздействия на ограниченные газовые потоки в настоящее время еще до конца не изучен [1, 6, 10]. Ясно, что он обусловлен взаимодействием акустических возмущений с когерентными структурами потока энергоносителя в ограниченных объемах различных устройств, например в вихревых камерах и вихре-акустических диспергаторах [2, 3, 7, 9]. Для управления аэродинамическими, турбулентными параметрами течений в коротких вихревых камерах вихре-акустических диспергаторов можно использовать цилиндрические резонаторы [4, 5]. Формирование широкого спектра акустического излучения при помощи цилиндрических резонаторов и резонаторов Гельмгольца используются в аэродинамике. Это позволяет решать разнообразные технологические задачи, в том числе в технологических процессах, происходящих в камере измельчения вихре – акустического диспергатора [7, 8].

Для изучения и визуализации процессов, проходящих в окрестности резонаторов в короткой вихре-акустической камере, проводились эксперименты на лабораторных установках рис.1. Резонаторы в виде цилиндров располагались в верхней крышке вихревой камеры [7]. Для визуализации процессов в вихревую камеру загружали мелкодисперсный материал и отслеживали характер его движения в самой камере, в окрестности резонаторов и в самих резонаторах.

Рассмотрим физическую модель процессов, происходящих при обтекании газовым потоком системы цилиндрических резонаторов.

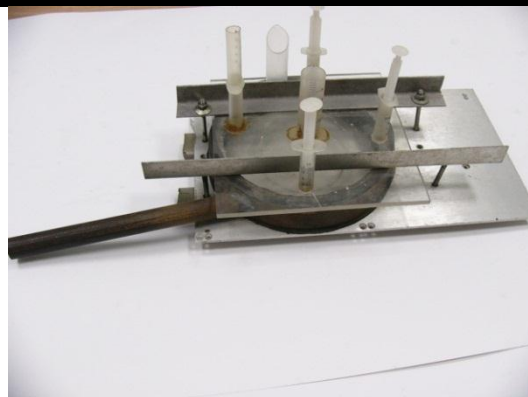


Рис. 1. Лабораторная установка короткой вихревой камеры с вертикальными цилиндрическими Резонаторами

Поступление массы газа в цилиндрический резонатор вызывает в нем возвратное течение по отношению к основному потоку энергоносителя. Возвратный поток в резонаторе, двигаясь вдоль дна, натекает на переднюю стенку и по мере нарастания его интенсивности создает на ней наибольшее давление. Затем возвратный поток частично отражается от передней стенки и частично вытекает из резонатора. Это изменяет структуру основного потока энергоносителя в окрестности резонаторов. Выходящий газ из резонатора смешивается с основным потоком. Скорость у него меньше чем скорость основного потока, поэтому будет происходить торможение основного потока. При перемещении газовой среды, заполняющей резонаторную полость, в одну или другую сторону среда в резонаторе испытывает сжатия или разрежение, и давление в нем изменяется. На открытом же конце резонатора давление все время остается неизменным

(таким как в основном потоке энергоносителя в вихревой камере). Схема движения воздуха внутри цилиндрического резонатора представлена на рис. 2.

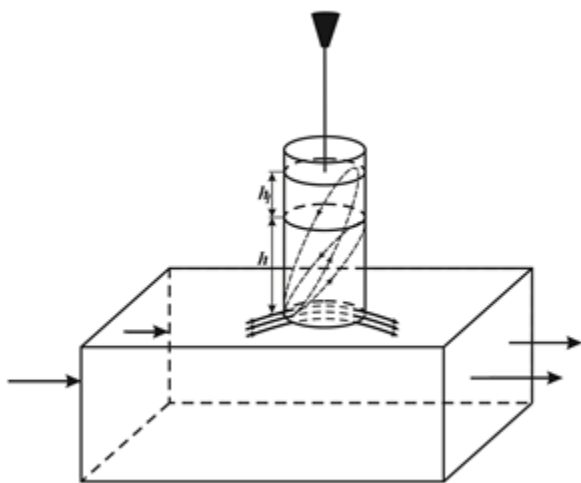


Рис. 2. Схема движения воздуха при обтекании цилиндрического резонатора

Изменение давления в цилиндрическом резонаторе описывается уравнением, которое имеет вид:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = -\frac{c^2 S}{hV}(p - p_0), \quad (1)$$

где c — скорость звука, S — площадь поперечного сечения входного канала, h — эффективная длина резонатора, V — объем резонатора, p — давление энергоносителя (воздуха) в канале, p_0 — давление энергоносителя (воздуха) в резонаторе.

При этом собственная частота ω будет равна:

$$\omega = c \sqrt{\frac{S}{hV}}, \quad (2)$$

Если x — смещение массы m газа, заключенного в цилиндрическом резонаторе, тогда уравнение для колебаний среды в цилиндрическом резонаторе примет вид [3]:

$$\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + 2\varepsilon \frac{\partial x}{\partial t} + \omega^2 x = \frac{S \Delta p}{m} \quad (3)$$

где Δp — переменное возмущающее давление, действующее со стороны основного потока энергоносителя в вихревой камеры в устье резонатора, ε — коэффициент затухания резонатора. Возмущение давления представляет собой гармоническое колебание

$$\Delta p = A \cos \omega t, \quad (4)$$

которое является решением уравнения (1).

Звуковое давление внутри резонатора может быть представлено в виде:

$$p_0 = \rho c^2 + \rho \frac{k-1}{2} c^2, \quad \rho = \rho_0 \frac{S}{V}. \quad (5)$$

Здесь ρ_0 — плотность газа, ρ — возмущения плотности газа, k — показатель адиабаты.

Рассмотрим плоскую стоячую звуковую волну, распространяющуюся от первого резонатора. Все величины в этой волне являются функцией только от одной координаты и от времени. Написав общее решение уравнения [3],

$$\frac{d^2 \varphi_0}{dx^2} + \frac{\omega^2}{c^2} \varphi_0 = 0 \quad (6)$$

в виде $\varphi_0 = B \cdot \cos\left(\frac{\omega}{c}x + \beta\right)$, будем иметь:

$$\varphi = B \cdot \cos(\omega t + \alpha) \cos\left(\frac{\omega}{c}x + \beta\right), \quad (7)$$

где φ — потенциал скорости.

При определенном выборе начала координат и начала отсчета времени можно обратить α и β в нуль, так что будет

$$\varphi = B \cos \omega t \cdot \cos \frac{\omega}{c} x. \quad (8)$$

Для скорости и давления в волне имеем:

$$v = \frac{\partial \varphi}{\partial x} = -B \frac{\omega}{c} \cos \omega t \sin \frac{\omega}{c} x; \quad (9)$$

$$p = \rho \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \rho \omega \sin \omega t \cos \frac{\omega}{c} x. \quad (10)$$

Соотношение $\omega = ck$ между частотой и волновым вектором имеет место для звуковой волны, распространяющейся в неподвижной среде. Нетрудно получить аналогичное соотношение для волны, распространяющейся в движущейся среде. Так как основной поток в вихревой камере движется со средней скоростью u , то частота звука будет равна $\omega = ck - u\bar{k}$.

Вводя угол Θ между направлением скорости u и волнового вектора $\bar{k}$ и полагая $k = \omega_0 / c$, найдем, что частота звука равна

$$\omega = \omega_0 \left(1 - \frac{u}{c} \cos \Theta\right), \quad (11)$$

Плотность звуковой энергии в движущейся среде [1]

$$E = E_0 \frac{\omega}{\omega - ku}, \quad (12)$$

где $E_0 = c^2 \rho^{12} / \rho$ – плотность энергии в системе отсчета, движущейся вместе со средой.

Если при обтекании резонаторных полостей имеется обратная связь между колебаниями в резонаторе и интенсивностью пульсаций давления в устье резонатора в интервале собственных частот ω , а также механизм ограничения роста интенсивности пульсаций, то система резонатор – внешний поток будет автоколебательной. Параметры автоколебаний в основном потоке при обтекании резонаторных полостей за-

висят от геометрических размеров резонаторов и от удаления их друг от друга в эквивалентном канале. Резонаторы могут иметь разные значения геометрические размеры и в результате каждый резонатор будет иметь свою собственную частоту и свой спектр излучения.

Численное и компьютерное моделирование помогает понять процессы, проходящие в коротких вихревых камерах с резонаторами в верхней крышке. Результат компьютерного моделирования представлен на рис.4.

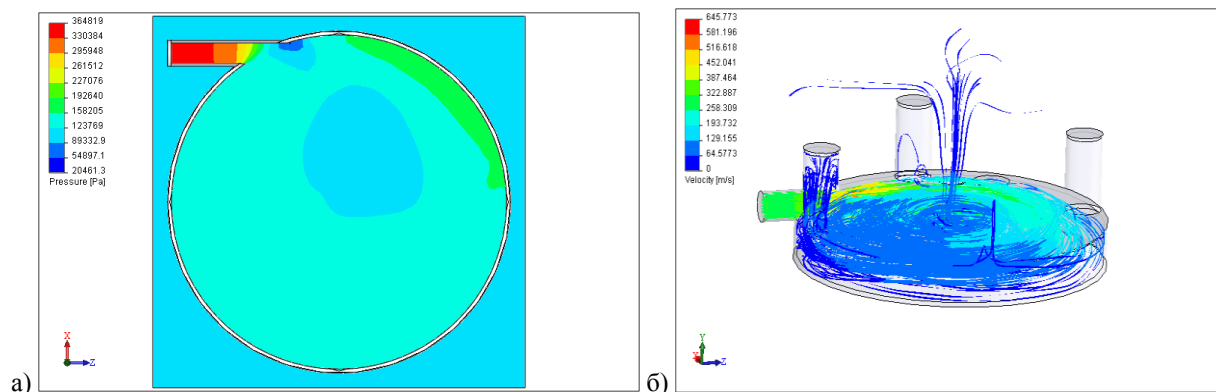


Рис. 4 Течение энергоносителя в вихревой камере с цилиндрическими резонаторами:

а) распределение давления в плоскости камеры; б) распределение скорости воздуха в объеме камеры

Результаты проведенных экспериментов и численных расчетов показывают, что в цилиндрических резонаторах существуют колебания, которые в объемах вихревой камеры создает комплекс возмущающих воздействий на поле течения энергоносителя.

При высокочастотном возбуждении уменьшаются коэффициенты корреляции пульсаций скорости в основном газовом потоке вихревой камеры. Это ведет к ослаблению когерентных структур, уменьшается интенсивность перемешивания, это наблюдается на лабораторной установке вихревой камеры при подачи в нее мелкодисперсного материала. Низкочастотное акустическое взаимодействие на поток энергоносителя в короткой вихревой камере приводит к увеличению максимальных коэффициентов корреляции пульсаций скорости энергоносителя. Это свидетельствует об интенсификации и повышении устойчивости крупномасштабных структур, ответственных за турбулентное перемешивание, например, двухфазной среды в вихревой камере измельчения вихре-акустического диспергатора.

Таким образом, с помощью системы цилиндрических резонаторов можно управлять процессами движения газового потока различной конфигурации, значением аэродинамических характеристик в коротких вихревых камерах при организации технологических процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ландау Л.Д., Лифшиц М. Гидродинамика. М.: Наука, 1988. 736 с.
2. Гольдштик М.А. Вихревые потоки. Новосибирск: Наука, 1981. 365 с.
3. Шугаев Ф.В. Взаимодействие ударных волн с возмущениями. Изд. МГУ, 1983. 96 с.
4. Кравчун П.Н. Генерация и методы снижения шума и звуковой вибрации.
5. Зарембо Л.К., Красильников В.А. Введение в нелинейную акустику. М.: Наука, 1966. 520 с.
6. Лебедев М.Г., Теленин Г.Ф. Частотные характеристики сверхзвуковых струй. Изд. МГУ Москва, 1978. 118 с.
7. Горлов А.С. Вихре-акустический диспергатор комплексного воздействия на частицы измельчаемого материала: дис. ... канд. техн. наук. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006.
8. Горлов А.С., Губарев А.В., Горлов К.А. Математическое и имитационное моделирование вихревого потока в коротких вихревых камерах// Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №9. С.137–142
9. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М., Машиностроение, 1969. 183 с.
10. Гринспен Х. Теория вращающихся жидкостей. Л., Гидрометеиздат, 1975. 304 с.

Gorlov A.S., Savotchenko S.E., Petrashev V.I., Gorlov K.A.
MATHEMATICAL MODELING OF ACOUSTIC IMPACT ON GAS FLOW
IN VORTEX-ACOUSTIC DISPERSANT

Mathematical model of mechanism of acoustic impact on limited gas flows in short swirl chambers is considered. Cylindrical resonators are used to control the aerodynamic, turbulent parameters of air currents in swirl chambers of vortex-acoustic dispersants. The distributions of pressure in chamber of vortex-acoustic dispersant and in resonators are obtained.

Key words: *short swirl chambers, cylindrical resonators.*

Горлов Александр Семенович, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: belgoras@mail.ru

Савотченко Сергей Евгеньевич, доктор технических наук, профессор кафедры высшей математики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Петрашев Владимир Иванович, старший преподаватель, кафедры высшей математики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Горлов Кирилл Александрович, магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

DOI: 10.12737/article_58e61338425342.03724303

Щербинина О.А., канд. техн. наук, ст. преп.,
Щербинин И.А., канд. техн. наук, инж.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ «ВЗЛЕТ, ЛОГИКА И КМ-5» НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНЫХ КОРПУСОВ ФГБОУ ВО БГТУ ИМ. В.Г. ШУХОВА»

31rusacpirant@mail.ru

Использование указанных автоматизированных систем управления и сбора данных параметров теплоносителя и тепловой энергии дает ФГБОУ ВО БГТУ им. В.Г. Шухова следующие эффекты от их внедрения. Возможность контролировать и отслеживать теплопотребление на каждом учебном корпусе, уменьшить затраты за тепловую энергию т.к. университет является генерирующим тепловую энергию объектом, так же появляется возможность наблюдать за энергопотреблением, выявлять наиболее энергонезэффективных потребителей, более гибко управлять расходом топлива, оперативно отслеживать аварийные ситуации и коммерческие хищения.

Ключевые слова: теплосчетчик регистратор ВЗЛЕТ, ЛОГИКА и КМ-5, АСУиСД теплоносителя и тепловой энергии.

Использование указанных автоматизированных систем управления и сбора данных параметров теплоносителя и тепловой энергии дает ФГБОУ ВО БГТУ им. В.Г. Шухова следующие эффекты от их внедрения. Возможность контролировать и отслеживать теплопотребление на каждом учебном корпусе, уменьшить затраты за тепловую энергию т.к. университет является генерирующим тепловую энергию объектом, так же появляется возможность наблюдать за энергопотреблением, выявлять наиболее энергонезэффективных потребителей, более гибко управлять расходом топлива, оперативно отслеживать аварийные ситуации и коммерческие хищения.

Учет тепловой энергии регулируются Федеральным законом от 23 ноября 2009 года № 261 ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ст. 13), а также при взаимоотношениях юридических лиц друг с другом «Правилами учета тепловой энергии и теплоносителя».

На территории БГТУ им. В.Г. Шухова расположены 8 учебных корпусов это отдельно стоящие или сопряженные между собой здания, главный корпус и пристройка к главному корпусу, которые оборудованы индивидуальными тепловыми пунктами (ИТП), тепловая энергия поступает к ним от транспортабельных котельных установок (ТКУ) университета. ТКУ - 5.0, обеспечивает тепловой энергией учебные корпуса УК-1, УК-2, УК-3, главный корпус, пристройка к главному корпусу. ТКУ - 1,2 обеспе-

чивает тепловой энергией учебные корпуса УК-4, УК-5. ТКУ – 4 обеспечивает тепловой энергией учебный корпус УК-6.

Все ИТП оборудованы автоматизированными информационно измерительными системами управления и сбора данных параметров теплоносителя и тепловой энергии на основе различных тепловычислителей.

На ИТП главного корпуса (2шт.-2 ИТП), УК-1 (1шт.), УК-2 (1 шт.), УК-3 (4 шт.), УК-4 (1шт.) установлены тепловычислители «КМ-5-1-80 и КМ-5-1-50». На ИТП учебных корпусов УК-5, УК-6 установлены тепловычислители «ВЗЛЕТ ТСРВ -26М». На ИТП пристройки к главному корпусу установлен тепловычислитель «ЛОГИКА СПТ 943».

Электромагнитные тепловычислители КМ-5-1-80 предназначены для измерения и коммерческого учета количества теплоты, объема и массы теплоносителя потребляемого, коммунально-бытовыми зданиями жилыми, общественными, промышленными предприятиями в закрытых и открытых системах теплоснабжения, для измерения и регистрации объемного и массового расхода и параметров теплоносителя в обоих направлениях через первичные преобразователи расхода, а также для использования в автоматизированных системах учета, контроля и регулирования количества теплоты. Тепловычислители КМ-5-1 предназначены для учета и контроля теплопотребления в системах закрытого типа.

На рис. 1 представлен интерфейс программы «Накопления базы данных и распечатки параметров теплопотребления для теплосчетчиков

КМ-5», предназначенной для работы с тепло- счётчиков КМ-5 и их аналогами.

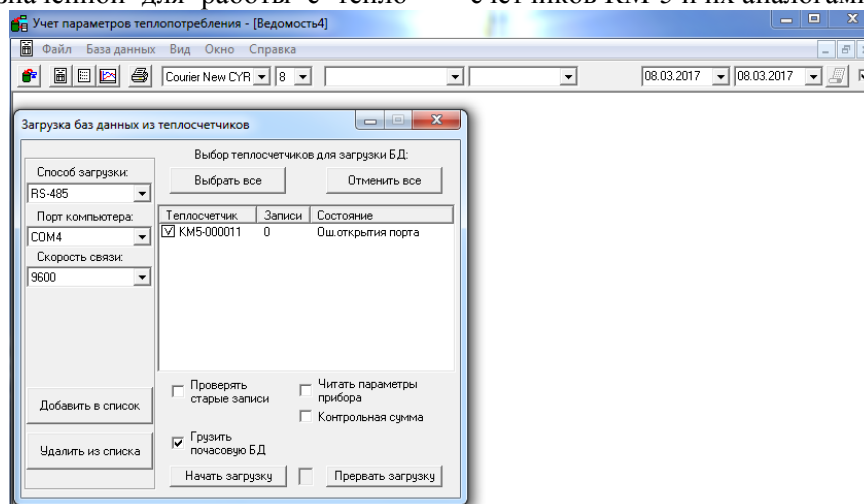


Рис. 1. Интерфейс программы «Накопления базы данных и распечатки параметров теплопотребления для теплосчётчиков КМ-5»

Тепловычислители обеспечивают представ- ление информации в следующей форме: количе- ство теплоты Q , [Гкал] тепловой системы;

□ объема V , [м^3] и массы M , [т] теплоносителя в подающем или обратном (подпиточном) трубо- проходе объема V , [м^3].

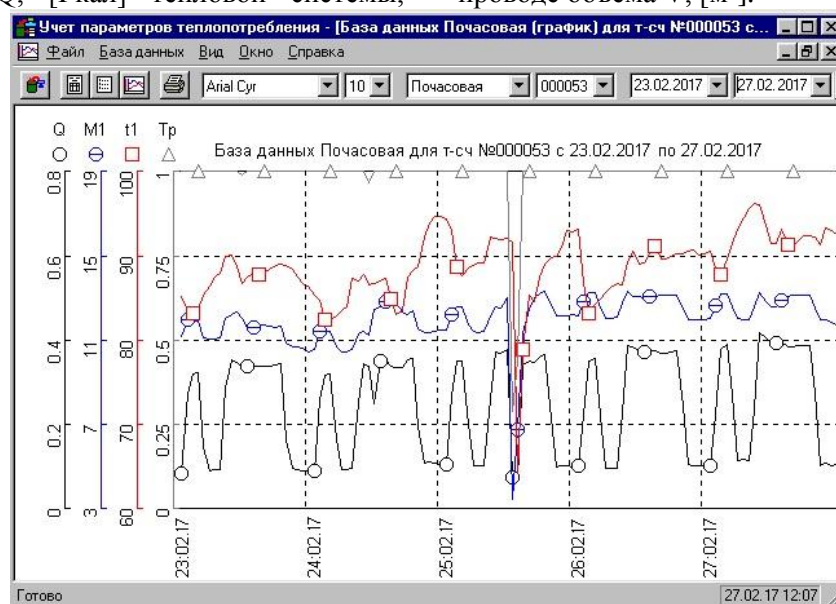


Рис. 2. График суточного потребления тепловой энергии (Гкал) с 23 февраля 2017г. по 27 февраля 2017г.

□ Текущего значения объёмного расхода G_m , [$\text{м}^3/\text{ч}$] в трубопроводе, тепловой мощности W , [Гкал/ч] и [МВт]; □ температуры теплоносителя в подающем t_1 , [°C] обратном t_2 , [°C] трубопроводах и в трубопроводах, разности температур Δt , [°C] в подающем и обратном трубопроводах; времени наработки теплосчетчика Tr , [ч]; □ давления в трубопроводах, [кгс/см 2] и [МПа]; □ температуры окружающего воздуха t_a , [°C]; □ текущих даты и времени; □ информации о модификации счетчика, его настроечных параметрах и состоянии прибора.

Графики суточного потребления тепловой энергии Q (Гкал), массы теплоносителя M (т), температуры теплоносителя в подающем t_1 (°C),

времени наработки теплосчетчика Tr , [ч], пред- ставлены на рисунке 2.

Теплосчетчик регистратор ВЗЛЕТ ТСРМ-26М предназначен для измерения, индикации, регистрации параметров теплоносителя и тепло- вой энергии, а также других параметров в теп- лосистемах различного типа, конфигурирования на узлах учета от квартиры до ТЭЦ.

Исполнение: ТСРВ 026М теплосчетчик ре- гистратор для абонентского учета с гибкой настройкой.

Характеристика:

Количество теплосистем-1; Подключаемые преобразователи расхода-до 4; Подключаемые преобразователи температуры-до 5; Подключа- емые преобразователи давления-до 4; Автоном-

ное питание-аккумулятор; Внешнее питание - есть; Задаваемые реакции на нештатные ситуации-все.

На рис. 3 представлен интерфейс программы «Просмотрщик», предназначенной для работы с теплосчетчиков ВЗЛЕТ ТСРВ-026М и их аналогами.

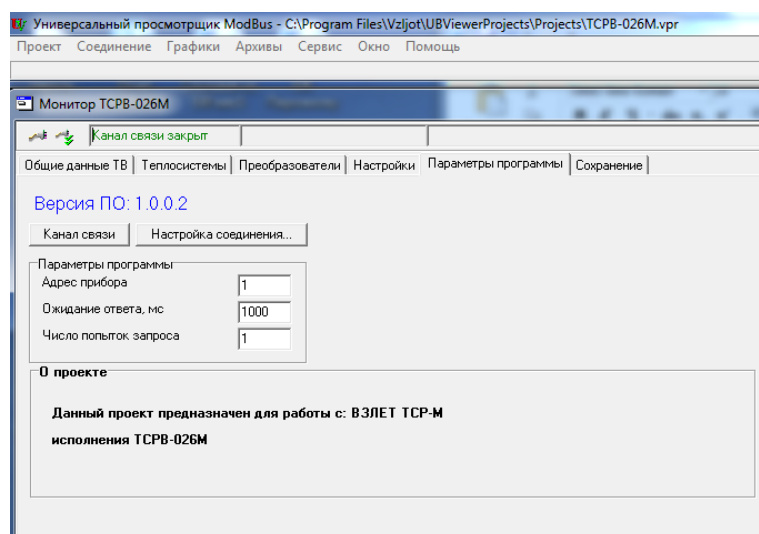


Рис. 3. Интерфейс программы «Просмотрщик», предназначенной для работы с ВЗЛЕТ ТСРВ-026М

На рисунке 4 представлены графики суточного потребления тепловой энергии учебным корпусом УК-5. Данный график строится на основе табличных данных выгруженных из тепло-

счетчика регистратора в программе MS Excel т.к. программа «Просмотрщик не дает возможности строить автоматически график потребления тепловой энергии».

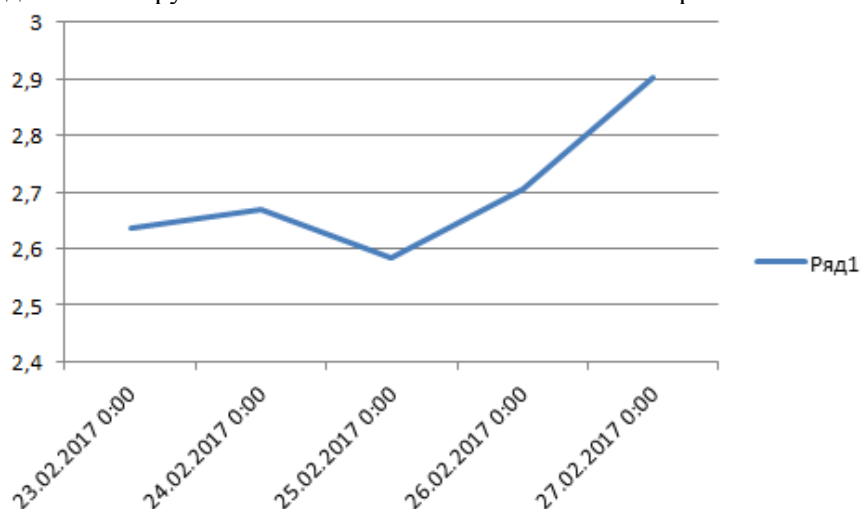


Рис. 4. Графики потребления тепловой энергии (Гкал) по суткам за февраль 2017г. объектом УК-5

Кроме вышеперечисленных тепловычислителей в университете используется еще один тип вычислителей СПТ 943, который установлен в ИТП пристройки к главному корпусу.

Тепловычислитель предназначен для измерения и учета тепловой энергии и количества теплоносителя в закрытых и открытых водяных системах теплоснабжения. Тепловычислитель рассчитан для работы в составе теплосчетчиков, обслуживающих два теплообменных контура.

В каждом контуре может быть установлено три датчика объема, три датчика температуры и два датчика давления. Совместно с тепловычислителем применяются: преобразователи объема,

преобразователи температуры, преобразователи давления. При работе в составе теплосчетчика тепловычислитель обеспечивает обслуживание двух тепловых вводов, обеспечивая при этом: измерение объема, объемного расхода, температуры и давления; вычисление количества тепловой энергии, массы и средних значений температуры и давления; ввод настроечных параметров и показания текущих, архивных и настроечных параметров; ведение календаря, времени суток и учет времени работы; защиту данных от несанкционированного изменения. Часовые, суточные и месячные значения количества тепловой энергии, массы, объема, средней температу-

ры, средней разности температур и среднего давления.

На рисунке 5 представлен интерфейс программы «Пролог», предназначенной для работы с тепловычислителями ЛОГИКА.

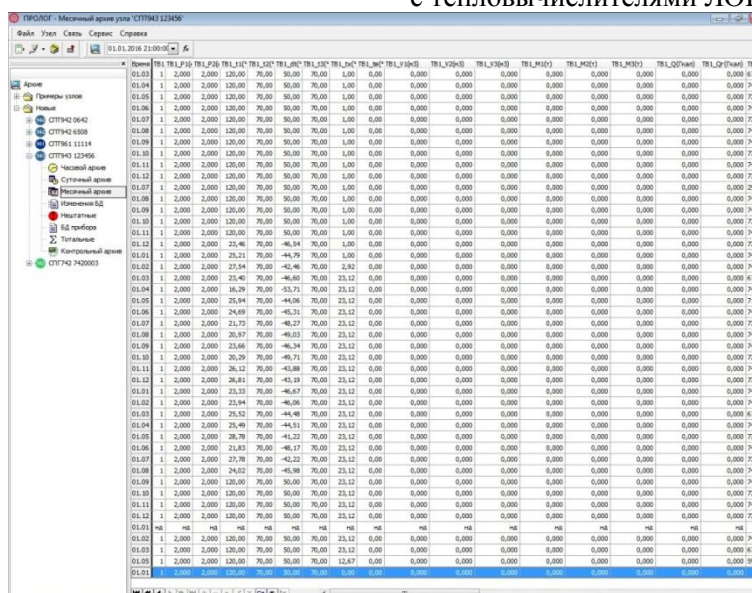


Рис. 5. Интерфейс программы «Пролог», предназначенной для работы с тепловычислителями «ЛОГИКА»

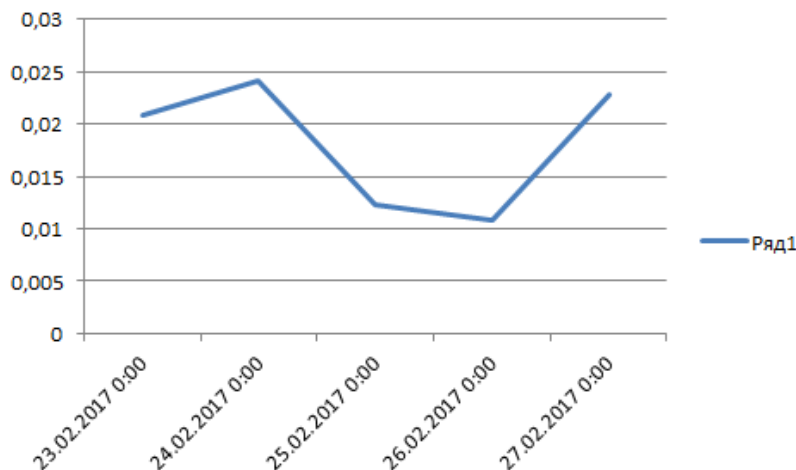


Рис. 6. Графики потребления тепловой энергии (Гкал) по суткам за февраль 2017 г. объектом пристройка к главному корпусу

Выводы: использование автоматизированных систем управления и сбора данных параметров теплоносителя и тепловой энергии на примере «КМ-5-1-80 и КМ-5-1-50», «ВЗЛЕТ ТСРВ -26М» и «ЛОГИКА СПТ 943», позволяет контролировать и отслеживать теплотребление на каждом учебном корпусе, уменьшить затраты за тепловую энергию, т.к. университет является генерирующим тепловую энергию объектом. Более гибко управлять расходом топлива, оперативно отслеживать аварийные ситуации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гридчин А.М., Потапенко А.Н., Лесовик В.С., Белоусов А.В., Потапенко Е.А. Опыт внедрения современных энергоэффективных технологий на основе автоматизации распределенных энергосистем зданий вуза // Строительные материалы. 2005. № 2. С. 2–5.

2. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Кошлич Ю.А., Быстров А.Б. Программно-технические аспекты информационного обеспечения эксплуатации гелиоустановки в составе демонстрационной зоны по энергосбережению // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2012. Т. 24. № 19–1. С. 180–184.

3. Кушев Л.А., Волабуев И.В., Андреева Т.Ю., Алифанова А.И. Современные методы экономии энергетических ресурсов на теплогенерирующих предприятиях // WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS сборник статей III Международной научно-практической конференции. 2016. С. 118–124.

4. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Кошлич Ю.А., Быстров А.Б. Система визуализации и мониторинга технологических параметров распределенных объектов энергопотребления на

основе web-базированного доступа // Информационные системы и технологии. 2012. № 6 (74). С. 108–113.

5. Глаголев С.Н., Белоусов А.В., Кошлич Ю.А., Быстров А.Б. Web-ориентированный доступ к технологической информации в системах мониторинга объектов энергопотребления // Системы управления и информационные технологии. 2013. Т. 52. № 2. С. 70–73.

6. Кожевников В.П., Кулешов М.И., Губарев А.В. Повышение эффективности систем теплоснабжения потребителей различного назначения // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 1. С. 86–89.

7. Кожевников В.П., Кулешов М.И., Губарев А.В. О преимуществах перехода от централизованного к индивидуальному теплоснабжению жилых, общественных и промышленных зданий // Промышленная энергетика. 2009. № 5. С. 7–9.

8. Кулешов М.И., Беляева В.И., Кожевников В.П., Погонин А.А., Мочалин А.А. Повышение экологической безопасности систем теплоснабжения // Экология и промышленность России. 2012. № 7. С. 12–13.

9. Вендин С.В., Щербинин И.А. К решению задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 3. С. 96–99.

10. Щербинин И.А., Щербинина О.А., Альдженди Р. Улучшение динамической устойчивости электрической системы с применением не-

четкого контроллера // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 147–151.

11. Белоусов А.В., Потапенко А.Н., Костриков С.В. Особенности автоматизированной системы диспетчерского управления зданиями Белгородского государственного университета // Информационные системы и технологии. 2004. № 3(4). С. 86–89.

12. Потапенко А.Н., Суков Д.С. Особенности выбора приборов для узлов учета тепловой энергии с учетом их функционирования в составе АСДУ // Информационные системы и технологии. 2004. № 3 (4). С. 90–93.

13. Потапенко А.Н., Яковлев А.О., Потапенко Е.А., Солдатенков А.С. Автоматизированное управление процессом централизованного теплоснабжения распределенного комплекса зданий с учетом моделирования этих процессов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2007. № 7–8. С. 120–134.

14. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Кошлич Ю.А., Быстров А.Б. Демонстрационная зона по энергосбережению БГТУ им. В. Г. Шухова - база для развития энергоэффективных проектов в регионе // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2013. № 10 (116). С. 10–17.

15. Пат. 2247422 Российская Федерация, Система автоматического регулирования отопления здания с учетом климатических факторов / Потапенко А.Н., Белоусов А.В., Потапенко Е.А., Костриков С.В. патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова № 2247422 опубл. 13.05.2004г. Бюл. № 20.3с.

Shcherbinina O.A., Shcherbinin I.A.

EXPERIENCE IN THE USE OF AUTOMATED INFORMATION AND MEASURING SYSTEMS, CONTROLS AND DATA COLLECTION PARAMETERS OF THE COOLANT AND THERMAL ENERGY ON THE BASIS OF THE HEAT CALCULATORS "RISE, LOGIC AND KM-5" FOR EXAMPLE, THE ACADEMIC BUILDINGS OF THE BSTU. V. G. SHUKHOV

The use of these automated control systems and data collection parameters of the coolant and gives heat energy of the BSTU V. G. Shukhov following effects from their implementation. The ability to control and monitor the heat load in each academic building, to reduce the costs for thermal energy because the University is generating thermal energy objects, as well the opportunity to monitor consumption, identify the most energy inefficient consumers more flexibility to manage fuel consumption, effective tracking of emergency and commercial theft.

Key words: *heat meter logger RISE, LOGIC, and KM-5, ASUiSD of coolant and heat.*

Щербинина Ольга Александровна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электро-энергетики и автоматики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Щербинин Игорь Алексеевич, кандидат технических наук, инженер СГЭ.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: 31rusacpirant@mail.ru

Шаптала В.Г., д-р техн. наук, проф.,
Шатала В.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ПЫЛЕОСАДИТЕЛЬНЫХ КАМЕРАХ ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧЕЙ

Shaptala_Vadim@yandex.ru

Рассмотрены математические модели гравитационного осаждения пыли с учетом турбулентной диффузии частиц. Эти модели могут быть использованы для уточненного расчета эффективности пылеосадительных камер и другого газоочистного оборудования.

Ключевые слова: пылеосадительная камера, турбулентная диффузия частиц.

Введение. Наиболее интенсивным источником выделения пыли в цементном производстве являются вращающиеся клинкерообжигательные печи. Так, при мокром способе производства цемента из печи размерами 5×185 м производительностью 1730 т клинкера в сутки выделяется от 78 до 114 м³/с отходящих газов с температурой 180–250 °С и концентрацией пыли 20–55 г/м³ [1, 2]. Таким образом, за сутки из печи выносятся в среднем около 200 т пыли, состоящей из частиц полуобожженной шихты. Для

улавливания этой пыли применяются двухступенчатые системы газоочистки включающие в себя пылеосадительную камеру и электрофильтр [3](рис. 1).

Степень очистки газов в обычных пылеосадительных камерах не превышает 15 %, поэтому для интенсификации процесса осаждения частиц внутри камер устанавливают горизонтальные перегородки (осадительные полки) с шагом 0,3–1 м. Такая модификация камер позволяет повысить их эффективность до 30–40 %.

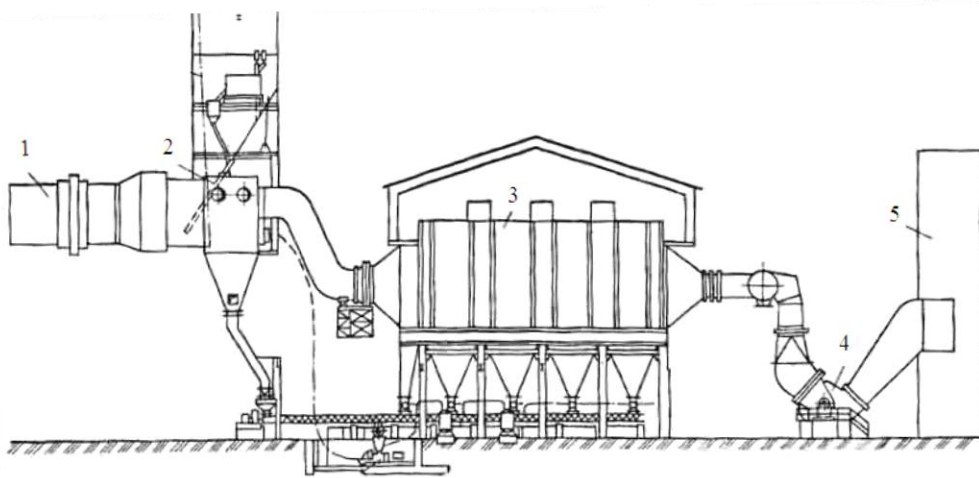


Рис. 1. Схема обеспыливания газов, отходящих из вращающейся цементной печи (1 – печь; 2 – пылеосадительная камера; 3 – электрофильтр; 4 – дымосос; 5 – дымовая труба).

Несмотря на невысокую эффективность при существующих в настоящее время технологиях производства цемента пылеосадительные камеры являются неотъемлемой частью систем очистки отходящих газов. В связи с этим возникает необходимость в разработке уточненной методики расчета пылеосадительных камер, более полно учитывающей физические особенности гравитационного осаждения пыли из турбулентных потоков воздуха.

Основная часть. Основными факторами, определяющими эффективность горизонтальной пылеосадительной камеры, являются:

- физико-механические свойства осаждаемой пыли (дисперсный состав, плотность, форма частиц);
- свойства несущего воздушного потока (скорость, температура, влажность, степень турбулизации)
- геометрические размеры камеры (высота, длина).

Фракционная степень осаждения частиц пыли размера d определяется через отношение их потоков на входе в камеру P_1 и выходе из нее P_2 :

$$\eta(d) = 1 - \frac{\Pi_2(d)}{\Pi_1(d)}, \quad (1)$$

где

$$\Pi_{1,2}(d) = \iint_{S_{1,2}} C_{1,2}(d) u dS. \quad (2)$$

Здесь $C_{1,2}(d)$ – концентрация частиц во входном S_1 и выходном S_2 сечениях камеры, u – скорость потока запыленного газа.

Полная степень осаждения пыли равна взвешенной сумме фракционных коэффициентов осаждения:

$$\eta = \sum_{i=1}^n \eta(d_i) \Delta D_i, \quad (3)$$

где ΔD_i – относительные массовые доли отдельных фракций пыли.

Пренебрегая влиянием боковых стенок камеры, рассмотрим в качестве простейшей модели ее работы процесс гравитационного осаждения частиц из плоского ламинарного потока запыленного воздуха, занимающего область $0 \leq x < \infty$, $0 \leq y \leq H$, $-\infty < z < \infty$ (рис. 2).

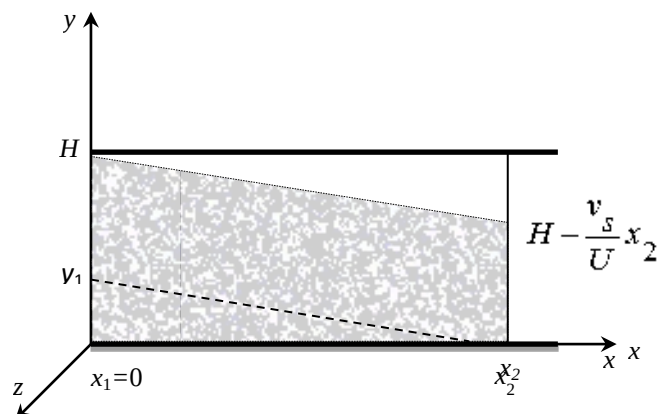


Рис. 2. Схема осаждения частиц из плоского ламинарного потока запыленного воздуха

Пусть скорость потока воздуха равна $u(u; 0; 0)$, а скорость осаждения частиц $v_s(0; -v_s; 0)$. Тогда все частицы равномерно распределенные во входном сечении потока $x_1 = 0$ с концентрацией C_1 будут перемещаться по параллельным наклонным траекториям, уравнения которых имеют вид:

$$y = y_1 - \frac{v_s}{u} x, \quad (4)$$

где y_1 – ордината начального положения частиц во входном сечении потока.

Будем считать, что частицы, достигшие дна камеры, обратно в нее не возвращаются (приближение прозрачных стенок). Тогда траектории частиц, проходящие через верхний край входного сечения $y_1 = H$ разделяют занимаемую потоком область на две зоны: верхнюю чистую и нижнюю, заполненную частицами, с концентрацией, равной входной концентрации C_1 . Поэтому поток (проскок) частиц через выходное сечение $x = x_2$ равен:

$$\Pi_2 = C_1 u B \left(H - \frac{v_s}{u} x_2 \right), \quad (5)$$

где B – ширина осадительной камеры.

Фракционная эффективность улавливания частиц в пылеосадительной камере имеет вид:

$$\eta(d, x_2) = 1 - \frac{C_1 u B \left(H - \frac{v_s}{u} L \right)}{C_1 u B H} = \frac{v_s(d) L}{u H}, \quad (6)$$

где L – длина камеры.

В реальных условиях поток воздуха в пылеосадительных камерах всегда турбулентен, поэтому мелкие частицы пыли из-за их турбулентной диффузии заполняют все внутреннее пространство камеры и их полное осаждение практически невозможно. Так что соотношение (6) можно использовать лишь для приближенной оценки предельного значения эффективности пылеосадительных камер.

Распределение концентрации частиц пыли в турбулентном потоке воздуха описывается уравнением конвективной диффузии, которое в приближении изотропной однородной турбулентности принимает вид [5]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \text{div}(\mathbf{v}C - D_{tp} \nabla C) = 0, \quad (7)$$

где $\mathbf{v}(u; v_s)$ – вектор скорости твердой фазы (продольную составляющую скорости твердой фазы считаем равной скорости несущего потока воздуха), D_{tp} – коэффициент турбулентной диффузии частиц.

В рассмотренном выше потоке запыленного газа, движущемся между двумя параллельными плоскостями $y = 0$ и $y = H$ в направлении оси Ox , возможно стационарное распределение частиц, которое устанавливается в результате баланса поступления через входное сечение канала и гравитационного и диффузионного осаждения частиц на ограничивающие плоскости. Если скорость движения запыленного потока мала, то турбулентная диффузия частиц будет незначительной ($D_{tp} \ll uH$), поэтому ее влиянием в продольном направлении можно пренебречь.

В этом случае с учетом стационарности процесса и однородности распределения частиц вдоль оси Oz уравнение (7) принимает вид:

$$u \frac{\partial C}{\partial x} - v_s \frac{\partial C}{\partial y} - D_{tp} \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} = 0 \quad (8)$$

Рассмотрим распределение концентрации частиц, удовлетворяющее следующим граничным условиям:

$$C|_{x=0} = C_1; \quad \frac{\partial C}{\partial x}|_{x=0} = 0; \quad \frac{\partial C}{\partial y}|_{y=0} = 0; \quad q_y|_{y=H} = 0, \quad (9)$$

где $q = vC - D_{tp} \nabla C$ - плотность потока частиц.

Решение уравнения (8), удовлетворяющее граничным условиям (9), может быть представлено в виде [6]:

$$C(x, y) = C_1 \left[\Phi \left(\frac{H - y - \frac{v_s}{u} x}{\sqrt{\frac{2D_{tp} x}{u}}} \right) + \Phi \left(\frac{y + \frac{v_s}{u} x}{\sqrt{\frac{2D_{tp} x}{u}}} \right) - 1 \right] \quad (10)$$

где $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-t^2/2} dt$ - интеграл вероятностей.

В результате подстановок $x = L$, $y = H - h$, где h - расстояние от потолка камеры, соотношение (10) переходит в формулу, положенную в основу методики, применяемой в настоящее время для расчета эффективности пылеосадительных камер [7].

Отметим, что в справочнике [7, стр. 51] и во всех последующих пособиях по газоочистке в первой из формул (2.4) допущена ошибка: в числителе формулы следует убрать слагаемое H . Лишь при этом условии формула (2.3) справочника [7] верно описывает предельный переход от турбулентного режима течения запыленного потока к ламинарному при $D_{tp} \rightarrow 0$. В этом случае второе слагаемое соотношения (2.3) всегда стремится к 1, а первое слагаемое в зависимости от знака его числителя стремится к 0 для точек, лежащих выше граничной траектории

(чистая зона) и к 1 для точек, лежащих ниже ее ($C(x, y) = C_1$).

С учетом выражения (10) соотношение (1) для фракционной степени улавливания пыли в камере принимает вид:

$$\eta(d) = 1 + \frac{1}{b} \left(\int_{a-b}^a \Phi(t) dt - \int_a^{a+b} \Phi(t) dt \right) \quad (11)$$

где

$$a = \sqrt{\frac{v_s^2 L}{2D_{tp} u}}, \quad b = \sqrt{\frac{u H^2}{2D_{tp} L}} \quad (12)$$

Из формул (11, 12) следует, что на эффективность осаждения частиц в пылеосадительной камере определяющее влияние оказывает скорость осаждения частиц v_s и коэффициент их турбулентной диффузии. Скорость гравитационного осаждения мелких частиц может быть найдена по формуле Стокса:

$$v_s(d) = \frac{\rho_p g d^2}{18\mu_e \Phi}, \quad (13)$$

а для крупных частиц может быть выражена через число Рейнольдса:

$$v_s(d) = \frac{Re_{\mu_e}}{\rho_e d}, \quad (14)$$

которое в свою очередь определяется из уравнения [8]:

$$\Phi(24 Re + 3,6 Re^{1,687}) = \frac{4}{3} Ar, \quad (15)$$

где $Ar = (d^3 \rho \rho_p g) / \mu_e^2$ - число Архимеда.

Уравнение (14) вытекает из условия равенства модулей действующих на частицу силы тяжести и силы аэродинамического сопротивления, найденной с учетом уточненной формулы Л.С. Клячко:

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3,6}{Re^{0,313}} \quad (16)$$

В формулах (13, 14) $\rho = 353,4 / (273 + t)$ $\rho_p = 2600 - 3300$ кг/м³ - плотности отходящих газов и частиц,

$$\mu_e = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{397}{397 + t} \left(1 + \frac{t}{273} \right)^{\frac{3}{2}}, \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (17)$$

- коэффициент динамической вязкости газов, $g = 9,81$ м/с² - ускорение силы тяжести, $\Phi = 1,2$ - усредненный коэффициент формы, частиц. Расчеты показывают (рис. 3), что при определении скорости осаждения частиц,

выносимых из цементной печи, формула Стокса может применяться к частицам размером до 70 мкм.

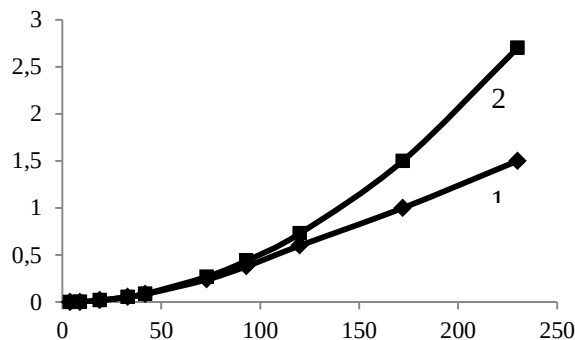


Рис. 3. Зависимости скорости осаждения частиц от их размера (1 – по уравнениям 14, 15; 2 – по формуле Стокса)

Коэффициент турбулентной диффузии частиц D_{tp} может быть найден по формуле [5, 9]:

$$D_{tp} = \frac{v_t}{1 + 0,286Stk}, \quad (18)$$

где

$$Stk = \frac{d^2 u \rho_p}{18 \mu H} \quad (19)$$

– число Стокса, V_t – коэффициент турбулентной вязкости воздуха, который может быть найден по формуле Шервуда-Верца [10]:

$$v_t = 0,0124 u D_e \sqrt{\lambda}. \quad (20)$$

Здесь $D_r = 2BH/(B+H)$ – гидравлический (эквивалентный) диаметр осадительной камеры, $\lambda \approx 0,03$ – коэффициент трения потока о стенки камеры.

В результате турбулентной диффузии распределение достаточно мелких частиц по высоте пылеосадительной камеры можно считать однородным, что позволяет оценить эффективность их осаждения на основе подхода Дейча [11]:

$$\eta(d) = 1 - \exp\left(-\frac{v_s(d)L}{UH}\right). \quad (21)$$

$$\left(\frac{\partial N}{\partial x} - \mu N\right)\Big|_{x=0} = -2\mu C_0 e^{-\nu y} = f_0(y), \quad (26)$$

$$\left(\frac{\partial N}{\partial x} + \mu N\right)\Big|_{x=\infty} = 0, \quad \left(\frac{\partial N}{\partial y} - \nu N\right)\Big|_{y=0} = 0, \quad \left(\frac{\partial N}{\partial y} - \nu N\right)\Big|_{y=H} = 0,$$

где $\chi^2 = \mu^2 + \nu^2$.

Решение уравнения (25) можно найти методом разделения переменных:

$$N(x, y) = X(x)Y(y) \quad (27)$$

Исследование распределения концентрации пыли в рассмотренном выше потоке, учитывающее диффузию частиц как в поперечном так и в продольном направлениях приводит к постановке следующей краевой задачи:

$$u \frac{\partial C}{\partial x} - v_s \frac{\partial C}{\partial y} - D_{tp} \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) = 0, \quad (22)$$

$$q_x|_{x=0} = C_0 u \quad \frac{\partial C}{\partial x}\Big|_{x=\infty} = 0, \quad (23)$$

$$q_y|_{y=H} = 0, \quad \frac{\partial C}{\partial y}\Big|_{y=0} = 0.$$

С помощью замены

$$C(x, y) = N(x, y) \exp(\mu x + \nu y), \quad (24)$$

$$\mu = \frac{u}{2D_{tp}}, \quad \nu = -\frac{v_s}{2D_{tp}},$$

уравнение (18) и граничные условия (19) приводятся к виду:

$$\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} - \chi^2 N = 0 \quad (25)$$

Подставив (27) в уравнение (25) и граничные условия (26), получим следующую краевую задачу для $Y(y)$:

$$Y'' + \lambda^2 Y = 0, \quad (28)$$

$$Y'(0) + \nu Y(0) = 0, \quad (29)$$

$$Y'(H) + \nu Y(H) = 0. \quad (30)$$

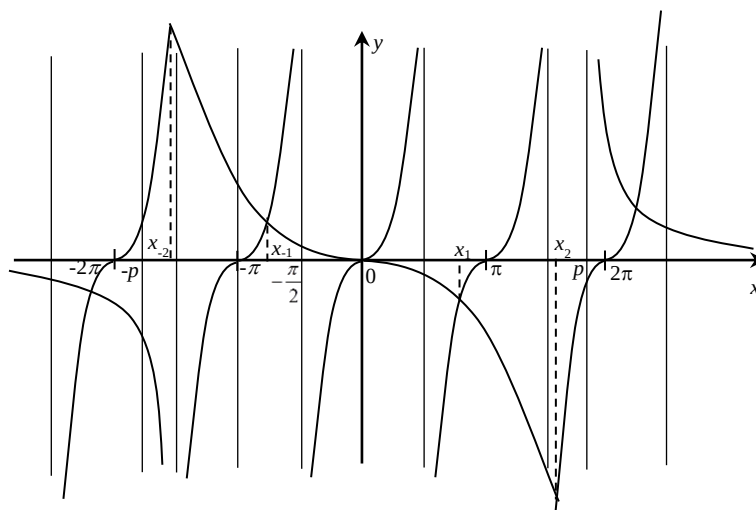


Рис. 4. К определению собственных чисел краевой задачи

Решением задачи (24-26) является система собственных функций

$$Y_k(y) = -v \sin \lambda_k y + \lambda_k \cos \lambda_k y, \quad (31)$$

где λ_k – собственные числа, которые являются корнями уравнения

$$\operatorname{tg} x_k = \frac{2px_k}{x_k^2 - p^2} \quad (32)$$

где $x_k = \lambda_k H$, $p = v_s H / 2D_{tp}$ (рис 4).

Система функций (31) является полной и ортогональной на отрезке $[0, H]$, причем:

$$\int_0^H Y_k^2 dy = \frac{H(v^2 + \lambda_k^2)}{v^2 - \lambda_k^2} \cdot \frac{\sin 2\lambda_k H}{2\lambda_k H} \quad (33)$$

Уравнение для функции $X(x)$ имеет вид:

$$X'' - q^2 X = 0, \quad (34)$$

где $q = \sqrt{x^2 + \lambda^2}$

Решение уравнения (34), удовлетворяющее условию $N(\infty, y) = 0$, может быть записано так:

$$X(x) = Ae^{-qx} \quad (35)$$

где A – постоянная.

Представим теперь решение уравнения (25) в виде разложения по собственным функциям задачи (28-30):

$$N(x, y) = \sum_{k=1}^{\infty} A_k e^{-q_k x} Y_k(y) \quad (36)$$

Определив постоянные A_k из граничного условия (26)

$$A_k = \frac{2\mu \int_0^H f_0(y) Y_k(y) dy}{(\mu + q_k) \int_0^H Y_k^2(y) dy}, \quad (37)$$

найдем искомое распределение концентрации частиц:

$$C(x, y) = \frac{4C_1\mu}{H} \sum_k \frac{\sin \lambda_k H \cdot Y_k(y) \exp((\mu - q_k)x - v(H - y))}{(\mu + q_k)(v^2 + \lambda_k^2) \left(1 + \frac{\lambda_k^2 + v^2}{\lambda_k^2 - v^2} \cdot \frac{\sin 2\lambda_k H}{2\lambda_k H} \right)} \quad (38)$$

Степень осаждения частиц в осадительной камере в приближении однородных полей скоростей дисперсной фазы имеет вид:

$$\eta(d) = 1 - \frac{\int_0^H C(L, y) dy}{C_1 H} = 1 + \frac{8\mu v}{H^2} \sum_k \frac{\lambda_k \sin \lambda_k H \exp((\mu - q_k)L - vH)}{(\mu + q_k)(v^2 + \lambda_k^2)^2 \left(1 + \frac{\lambda_k^2 + v^2}{\lambda_k^2 - v^2} \cdot \frac{\sin 2\lambda_k H}{2\lambda_k H} \right)} \quad (39)$$

Приведенный выше анализ свидетельствует о том, что аналитические выражения для распределения концентрации частиц могут быть найдены лишь в случае газодисперсных потоков с однородным полем скоростей. В общем случае поле концентраций частиц может быть рассчитано численно на основе системы уравнений Навье-Стокса, неразрывности и теплопереноса [9].

Заключение. Полученные модели могут применяться для расчета не только пылеосадительных камер, но и других агрегатов и процессов, в которых происходит гравитационное пылеосаждение (пелеунос из цементных печей и мельниц, аспирационные шахты, электрофильтры, рассеивание запыленных выбросов и другие). Для повышения достоверности результатов исследования гравитационного осаждения частиц математические модели должны учитывать неизотермичность газодисперсных потоков, коагуляцию частиц, а также влияние ограничивающих потоки поверхностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента. Белгород: Изд. БГТУ, 2012. 307с.
2. Физико-химические и механические свойства аэрозолей и пыли, выделяемых основным оборудованием цементных заводов (справочные материалы). Новороссийск: Изд. НИПИОТСТРОМ, 1976. 112 с.
3. Проектирование цементных заводов/ под ред. Зозули П.В. и Никифорова Ю.В. [Электронный ресурс] режим доступа: WWW.procement.com (дата обращения 8.02.2017).
4. Вальдберг А.Ю., Исянов Л.М., Яламов Ю.И. Теоретические основы охраны атмосферного воздуха от загрязнений промышленными аэрозолями. СПб.: Изд. НИИОГАЗ-ФИЛЬТР, 1993. 236 с.
5. Медников Е.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. М.: Наука, 1980. 176 с.
6. Шаптала В.Г. Математическое моделирование в прикладных задачах механики двухфазных потоков. Белгород: Изд. БелГТАСМ, 1996. 102 с.
7. Справочник по пыле- и газоулавливанию/ под общ. ред. А.А. Русанова. М.: Энергоатомиздат, 1983. 312 с.
8. Белоусов В.В. Теоретические основы процессов газоочистки. М.: Металлургия, 1988. 256 с.
9. Шаптала В.Г. Математическое моделирование систем обеспыливания промышленных объектов с учетом явлений переноса в гетерогенных средах: дис...д-ра техн. наук. Воронеж. 2004. 358 с.
10. Хинце И.О. Турбулентность, ее механизм и теория. М.: Физматгиз, 1983. 680 с.
11. Левитов В.И. Решидов И.К. Ткаченко В.М. Дымовые электрофильтры. М.: Энергия, 1980. 448 с.

Shaptala V.G., Shaptala V.V.

SIMULATION OF GAS CLEANING THE DUST SETTLING CHAMBER CEMENT KILNS

The mathematical model of gravitational settling of dust, taking into account the turbulent diffusion of particles. These models can be used to refine the calculation of efficiency of dust collecting chambers and other gas-cleaning equipment.

Key words: *dust settling chamber; turbulent diffusion particles.*

Шаптала Владимир Григорьевич, доктор технических наук, профессор кафедры высшей математики. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: zchs@intbel.ru

Шаптала Вадим Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: zchs@intbel.ru

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕННОГО КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ОБЪЕКТОВ С ОДНОРОДНЫМИ ПРИЗНАКАМИ – МОДЕЛЬ И РЕАЛИЗАЦИЯ

V.Yanchukovsky@gmail.com

В статье описывается система распределённого кластерного анализа объектов с однородными признаками: основные требования, блоки и элементы, ее графоаналитическая и математическая модели. Математическая модель представлена в системе Пи-исчисления. Приводится ее программная реализация на языке Matlab. Для больших объемов данных предусмотрены параллельные вычисления. Представлены методы визуализации полученных результатов.

Ключевые слова: кластерный анализ, параллельные вычисления, вычислительный эксперимент, Пи-исчисление.

Введение. В последнее десятилетие, благодаря развитию сетевых технологий, наблюдается экспоненциальный рост количества доступной и обрабатываемой информации. В связи с этим относительно недавно появился термин Big Data [1], сочетающий в себе такие подходы, как кластерный анализ – многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы [2], и параллельные вычисления – способ организации компьютерных вычислений, при котором программы разрабатываются как набор взаимодействующих вычислительных процессов, работающих параллельно (одновременно) [3]. Результатом совместного применения описанных выше методов является система распределенного кластерного анализа и её программная реализация.

Общее описание системы. Исходя из специфики методов кластерного анализа и параллельных вычислений сформулируем основные требования к системе:

1. Поскольку среди алгоритмов кластерного анализа нет какого-либо универсального, то, для повышения точности и эффективности, следует использовать несколько наиболее распространенных алгоритмов;

2. В случае если объем исходных данных будет значительным, для анализа результатов и восприятия их графического представления следует использовать метод понижения размерности для визуализации результатов получаемого разбиения и методы параллельных вычислений;

3. Некоторые распространенные алгоритмы требуют задавать количество кластеров как входной параметр, и в случае, когда, при предварительном анализе, пользователь не может сам оценить это количество, следует

использовать двухуровневую схему, когда на первом шаге менее точный алгоритм вычисляет количество кластеров, а более точный алгоритм на втором шаге производит окончательное разбиение;

4. Для более высокой эффективности анализа полученных результатов следует использовать несколько методов визуализации разбиений на кластеры, поскольку нет какого-либо одного универсального метода.

Исходя из всего вышеперечисленного, следует, что система будет включать следующие блоки:

- Блок алгоритмов кластерного анализа (K-means, FCM, иерархический, субтрактивный, ФОРЭЛ);

- Блок различных методов визуализации результатов в виде дендрограмм, силуэтов и графиков в координатах главных компонент;

- Блок двухуровневого кластерного анализа;

- Блок параллельных расчетов.

Для удобства формализации структуры системы и перехода к математической модели в системе пи-исчисления представим структуру в упрощенном виде как набор из основных конструкций – графоаналитически.

Пи-исчисление – математическая модель процессов, взаимосвязи которых изменяются. Основной вычислительный шаг – передача канала связи между двумя процессами; после этого получатель может использовать канал для дальнейшего взаимодействия с другими участвующими сторонами. Именно эта особенность исчисления делает его крайне удобным для моделирования систем, в которых доступные ресурсы изменяются с течением времени [4].

Примитивными сущностями пи-исчисления являются имена. Их бесконечно много, они лишены внутренней структуры. Имена записываются как символьные строки,

начинающиеся со строчной буквы: $x, y, \dots \in X$. Процесс P (выражение пи-исчисления) представляет собой одно из следующего списка [5]:

- 1) $c(x).P$ – входной префикс, получение данных x из канала c ;
- 2) $\bar{c}(y).P$ – выходной префикс, передача данных y по каналу c ;
- 3) $P \mid Q$ – параллельный запуск двух процессов;
- 4) $!P$ – репликация процесса;
- 5) $(\nu x)P$ – объявление канала и последующее выполнение процесса;
- 6) τ_P – внутреннее действие процесса;
- 7) 0 – пустой процесс.

На рис.1 представлена модель описанной системы в графоаналитическом виде. В данном случае все действия (задачи) представлены в виде процессов, переходы между действиями заменены на именованные потоки процесса, подсистемы заменены на блоки параллельного разделения, синхронизации и выбора, все блоки принадлежат одному из трех типов [5]:

- блок параллельного разделения, если из него выходит несколько потоков процесса;
- блок синхронизации, если в него входит несколько потоков процесса;
- блок выбора, если из него выходит несколько процессов.

Любой процесс можно представить, как набор из основных конструкций [5]. Процессы, показанные на рис. 1, могут быть представлены в терминах пи-исчисления следующим образом:

$$\begin{aligned}
 A &= !a(x). \tau_A. (\bar{b}(x). 0 + \bar{i}(x). 0); \\
 B &= !b(x). \tau_B. \bar{c}(x). 0; \\
 C &= !c(x). \tau_C. \bar{d}(x). 0; \\
 D &= !d(x). \tau_D. \bar{e1}(x). 0; \\
 E &= e1(x). !2(x). \tau_E. \bar{f1}(x). 0; \\
 F &= (!f1(x) \mid f2(x)). \tau_F. \bar{g}(x). 0; \\
 G &= !g(x). \tau_G. \bar{h}(x). 0; \\
 H &= !h(x). \tau_H. (\bar{a}(x). 0 + 0); \\
 I &= !i(x). \tau_I. (\bar{d2}(x). 0 + \bar{e2}(x). 0 + \bar{f2}(x). 0);
 \end{aligned} \tag{1}$$

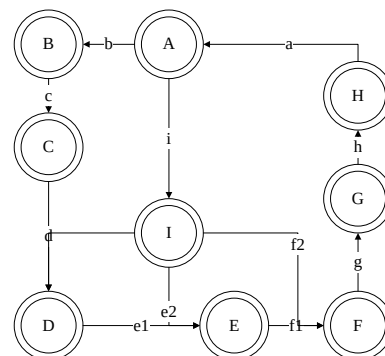


Рис. 1. Упрощенный вид структуры системы, где А – пользователь, В – смежная система формирования исходных данных, С – входные данные, D – блок параллельных вычислений, E – блок расчета, F – блок визуализации, G – выходные данные, H – процесс анализа данных, I – смежная система формирования управляющих параметров

Таким образом, вся модель системы может быть описана в виде следующих ниже выражений:

$$P = A \mid (B \mid C \mid I) \mid D \mid E \mid F \mid G \mid H \mid (A + 0) \tag{2}$$

Или, подставляя соответствующие выражения:

$$\begin{aligned}
 P &= !a(x). \tau_A. (\bar{b}(x). 0 + \bar{i}(x). 0) \mid (!b(x). \tau_B. \bar{c}(x). 0 \mid \\
 & !c(x). \tau_C. \bar{d}(x). 0 + !i(x). \tau_I. (\bar{d2}(x). 0 + \bar{e2}(x). 0 + \bar{f2}(x). 0)) \mid \\
 & !d(x). \tau_D. \bar{e1}(x). 0 \mid e1(x). !2(x). \tau_E. \bar{f1}(x). 0 \mid (!f1(x) \mid f2(x)). \tau_F. \bar{g}(x). 0 \mid \\
 & !g(x). \tau_G. \bar{h}(x). 0 \mid (!a(x). \tau_A. (\bar{b}(x). 0 + \bar{i}(x). 0) + 0)
 \end{aligned} \tag{3}$$

В качестве элемента модели будем рассматривать процесс – совокупность взаимосвязанных действий, преобразующих входящие данные в исходящие.

Все элементы системы имеют общую концептуальную модель (рис. 2), за исключением двухуровневого элемента, который представляет собой синтез двух алгоритмов (рис. 3).

Представим данную модель в терминах пи-исчисления:

$$\begin{aligned}
 A &= !a(x). \tau_A. \bar{b}(x). 0; \\
 B &= !b(x). \tau_B. \bar{c}(x). 0; \\
 C &= !c(x). \tau_C. \bar{d}(x). 0; \\
 D &= !d(x). \tau_D. \bar{a}(x). 0;
 \end{aligned} \tag{4}$$

Таким образом, данный элемент может быть записан в виде:

$$P = A \mid B \mid C \mid D \mid (A + 0) \tag{5}$$

$$P = !a(x). \tau_A. \bar{b}(x). 0 \mid !b(x). \tau_B. \bar{c}(x). 0 \mid !c(x). \tau_C. \bar{d}(x). 0 \mid !d(x). \tau_D. \bar{a}(x). 0 \mid (!a(x). \tau_A. \bar{b}(x). 0 + 0) \quad (6)$$

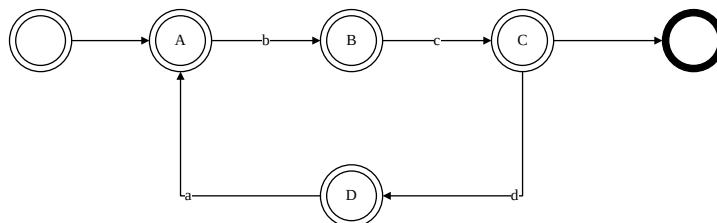


Рис. 2. Концептуальная модель элемента Системы распределенного кластерного анализа, где А – процесс изменения, В – процесс кластерного анализа, С – визуализация, D – блок принятия решений

Поскольку двухуровневый элемент состоит из двух процессов, упрощенная графоаналитическая модель примет следующий вид (рис. 4):

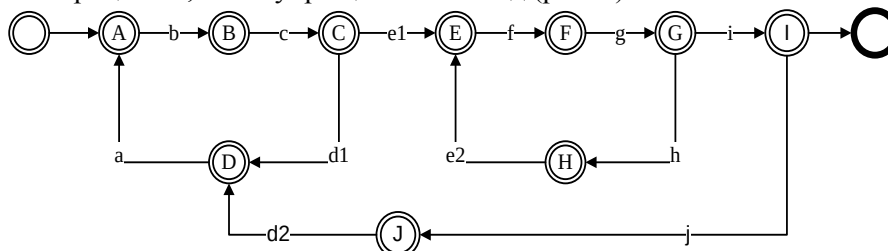


Рис. 3. Упрощенная графоаналитическая модель двухуровневого элемента, где А – процесс изменения, В – субтрактивный процесс, С – входные данные, D – блок обратной связи, Е – процесс изменения, F – процесс k-means, G – выходные данные, H – блок обратной связи, I – блок визуализации, J – пользователь

Представим модель в терминах пи-исчисления:

$$\begin{aligned} A &= !a(x). \tau_A. \bar{b}(x). 0; \\ B &= !b(x). \tau_B. \bar{c}(x). 0; \\ C &= !c(x). \tau_C. (\bar{d1}(x). 0 + \bar{e1}(x). 0); \\ D &= d1(x). !d2(x). \tau_D. \bar{a}(x). 0; \\ E &= e1(x). !e2(x). \tau_E. \bar{f}(x). 0; \\ F &= !f(x). \tau_F. \bar{g}(x). 0; \\ G &= !g(x). \tau_G. (\bar{i}(x). 0 + \bar{h}(x). 0); \\ H &= !h(x). \tau_H. \bar{e2}(x). 0; \\ I &= !i(x). \tau_I. \bar{j}(x). 0; \\ J &= !j(x). \tau_J. \bar{d2}(x). 0; \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, данный элемент может быть записан в виде:

$$P = A \mid B \mid C \mid ((D + 0) + E) \mid F \mid G \mid (H \mid (E + 0) + I) \mid J \mid (D + 0) \quad (8)$$

или:

$$\begin{aligned} P &= !a(x). \tau_A. \bar{b}(x). 0 \mid !b(x). \tau_B. \bar{c}(x). 0 \mid !c(x). \tau_C. (\bar{d1}(x). 0 + \bar{e1}(x). 0) \mid \\ &((d1(x). !d2(x). \tau_D. \bar{a}(x). 0 + 0) + e1(x). !e2(x). \tau_E. \bar{f}(x). 0) \mid \\ &!f(x). \tau_F. \bar{g}(x). 0 \mid !g(x). \tau_G. (\bar{i}(x). 0 + \bar{h}(x). 0) \mid (!h(x). \tau_H. \bar{e2}(x). 0 \mid \\ &(e1(x). !e2(x). \tau_E. \bar{f}(x). 0 + 0) + !i(x). \tau_I. \bar{j}(x). 0) \mid \\ &!j(x). \tau_J. \bar{d2}(x). 0 \mid (d1(x). !d2(x). \tau_D. \bar{a}(x). 0 + 0) \end{aligned} \quad (9)$$

Графоаналитическая модель блока представлена в следующем виде (рис.4): параллельных вычислений может быть

Все блоки служат для достижения общей цели системы. Цель блока распараллеливания – ускорение получения выходных данных системы. Цель блока расчёта – формирование выходных кластеров. В зависимости от выбранного метода достигается необходимая точность в определенной предметной области. Цель блока визуализации – представление выходных данных в удобной для пользователя форме. Для этого используется несколько различных методов, в совокупности позволяющих предоставить наиболее полную информацию о полученных результатах.

В блоке визуализации использованы следующие методы визуализации:

- График на основе главных компонент.
- График силуэтов кластеров.
- График дендрограмм.

Их возможности по визуализации отображены в табл. 1.

Таблица 1
Блок визуализации

График	Качество	Состав	Количество
Дендрограмма	+	+	-
График Силуэта	+	-	+
График главных компонент	-	+	+

Основные методы визуализации, используемые в системе распределенного кластерного анализа, такие как дендрограмма и силуэты, дают неполное представление о получаемых классах. Силуэты позволяют оценить качество кластеров, но не их состав[6]. Дендрограмма в свою очередь представляет собой дерево, то есть граф без циклов, построенный по матрице мер близости, и позволяет изобразить взаимные связи между объектами из заданного множества[7]. Помимо этого, в случае, когда объекты кластеризации имеют более двух признаков, для удобства восприятия и визуализации необходимо понижать размерность данных. С этой целью реализован метод главных компонент[8] и визуализация кластеров, полученных в результате его применения[9].

Программная реализация. На основе разработанной формальной модели системы распределенного кластерного анализа, в среде MATLAB разработан программный комплекс[10]. В системе MATLAB созданы основные формы графического приложения, представленные на рис.6:

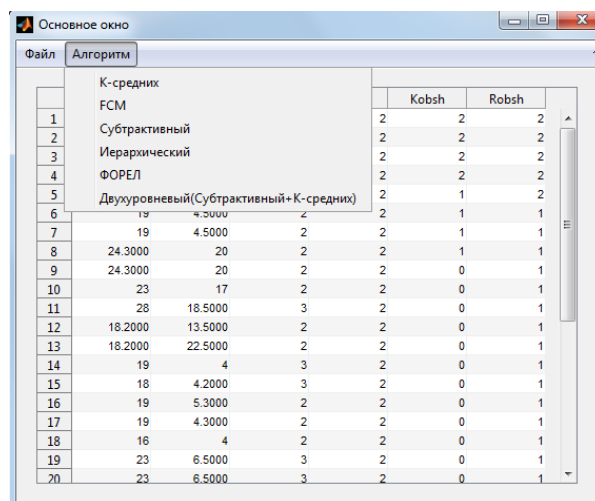


Рис. 6. Главная форма программного комплекса кластерного анализа

Параллельные вычисления в программном комплексе для встроенных алгоритмов реализованы на основе сценариев – последовательного набора команд встроенного языка программирования MATLAB, записанных в специализированном исполняемом файле сценариев – m-файле.

Для параллельной версии алгоритма ФОРЭЛ[11], ввиду того, что он генерирует разное число классов в разных задачах, выбран режим `spmc` («одна программа — много данных») [12]. Параллельная версия двухуровневого метода кластерного анализа реализована в режиме `parfor` (параллельный цикл `for`). Такой выбор обусловлен тем, что позволяет минимизировать изменения, вносимые в последовательный вариант программы.

Для иерархического кластерного анализа удобным средством визуализации результатов является функция `dendrogram`, которая выводит дерево дендрограммы (рис.5). Для всех использованных автором методов кластерного анализа можно посчитать величину силуэта и вывести его график (рис.7).

Для удобства визуализации результатов кластеризации в координатах главных компонент используется встроенная в MATLAB функция `gscatter`. Она реализует график рассеяния двух переменных – двух главных компонент, образующих двумерную систему координат, сгруппированных по значениям третьей переменной – массиву номеров классов, которым принадлежат объекты исходной выборки в соответствии с тем или иным алгоритмом (рис. 8).

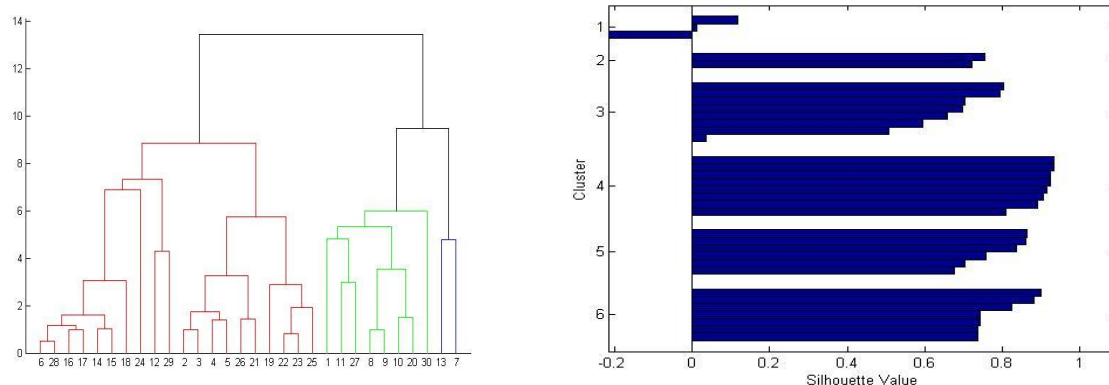


Рис. 7. График дендрограммы и график силуэтов кластеров

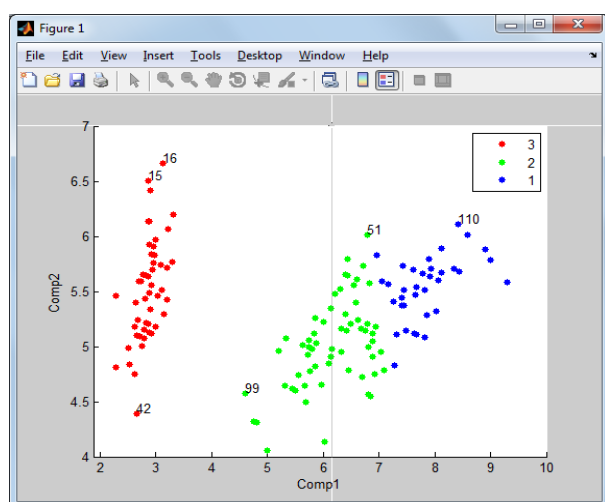


Рис. 8. Визуализация результатов с использованием главных компонент

Заключение. Представленная формальная модель и программная реализация системы распределенного кластерного анализа была апробирована на группе изделий машиностроительного производства – комплексных деталях [13, 14] и наблюдениям по концентрациям некоторых газов в атмосфере за несколько лет – результатам трехлетнего мониторинга содержания газов SO_2 и CO в воздушной атмосфере центрального района г. Санкт-Петербурга [15].

Результаты работы характеризуют разработанную систему как универсальную систему кластерного анализа, которая может быть использована во многих отраслях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черняк Леонид. Большие Данные – новая теория и практика (рус.) // Открытые системы. СУБД. М.: Открытые системы, 2011. № 10. С.18–26.
2. Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. М.:

Финансы и статистика, 1989. 607 с.

3. Воеводин В. В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. СПб: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.

4. Milner R. Communicating and Mobile Systems: the π -Calculus. Cambridge University Press. 1999, 159 p.

5. Parrow J. An Introduction to the π -Calculus, chapter 8, pages 479–543. Handbook of Process Algebra. Elsevier, 2001.

6. Rouseeuw P. J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. // Journal of Computational and Applied Mathematics. Vol. 20. №. 1. 1987. Pp. 53–65.

7. Жамбю М. Иерархический кластер-анализ и соответствия. М.: Финансы и статистика, 1988. 345 с.

8. Jolliffe I.T. Principal Component Analysis, Series: Springer Series in Statistics, 2nd ed., Springer, NY, 2002. №XXIX, 487 p. 28.

9. Зиновьев А. Ю., Визуализация многомерных данных, Красноярск // Изд. КГТУ, 2000. 180 с.

10. Янчуковский В.Н., Сосинская С.С. Программный комплекс «Система распределенного кластерного анализа», свидетельство о регистрации в реестре программ для ЭВМ №2016615937 от 02 июня 2016 г.

11. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. // Новосибирск: Издательство Института математики, 1999. 270 с.

12. Parallel Computing Toolbox™ 5 User's Guide // The MathWorks, Inc. Natick, 2007, 730 p.

13. Соколовский А. П. «Автоматизация технологических процессов механической обработки металлов», Автомат. и телемех., 1938, № 3. С.117–139.

14. Митрофанов С.П. Научная организация машиностроительного производства. 2-е изд., доп. и перераб. Л.: Машиностроение, 1976. 712 с.

15. Янчуковский В.Н., Сосинская С.С., Козловский А.С., Челибанов В.П. MATLAB с применением параллельных вычислений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Двухуровневый кластерный анализ в среде Шухова. №5. 2014. С. 201–205.

Yanchukovskiy V.N.

MODEL AND IMPLEMENTATION OF HOMOGENEOUS ATTRIBUTES OBJECTS DISTRIBUTED CLUSTER ANALYSIS SYSTEM

Homogeneous attributes objects distributed cluster analysis system described: basic requirements, blocks and elements, its graphoanalytical and mathematical models. The mathematical model is represented in the Pi-calculus. Its software implementation in Matlab is given. In case of big data, parallel computing is provided. Methods for visualizing the results are presented.

Key words: cluster analysis, parallel computing, computational experiment, PI-calculus.

Янчуковский Владислав Николаевич, старший преподаватель кафедры вычислительной техники.

Иркутский национальный исследовательский технический университет

Адрес: Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83.

E-mail: V.Yanchukovsky@gmail.com

DOI: 10.12737/article_58e613385da1c5.50747934

Латкин М. А., д-р техн. наук, проф.,
Нестерова Н. В., д-р техн. наук, проф.,
Шаптала В. Г., д-р техн. наук, проф.,
Радоуцкий В. Ю., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЫБОР МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕАГИРОВАНИЮ НА ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ ПРЕДПРИЯТИЯ

latkin.69@ mail.ru

Рассмотрена проблема разработки и выбора комплекса мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия с учетом критериев экономической эффективности. Для каждого техногенного риска предприятия можно разработать несколько различных мероприятий по реагированию, осуществление которых приводит к дополнительным затратам и к уменьшению прибыли предприятия за отчетный период. Однако принятые мероприятия по реагированию на техногенные риски обеспечивают устойчивое функционирование предприятия, повышают конкурентоспособность и эффективность его деятельности.

Ключевые слова: управление рисками, техногенные риски предприятия, выбор мероприятий по реагированию на риски.

Введение. Управление рисками на опасных производственных объектах связано с соблюдением требований охраны труда, промышленной и пожарной безопасностью, предупреждением и ликвидацией чрезвычайных ситуаций [1–3]. В соответствии с промышленной безопасностью основным неблагоприятным событием считают аварию, в результате которой происходят пожары, взрывы, травмирование и гибель сотрудников предприятия [4, 5]. Тогда под техногенными рисками предприятия будем понимать возможные неблагоприятные для предприятия события при осуществлении производственной деятельности, наступление которых приводит к аварии, материальным, социально-экономическим и другим потерям.

Возникновение рисков в деятельности предприятия обусловлено неопределенностью и неполнотой исходной информации при принятии управленческих решений, вероятностным характером будущих событий, возможными изменениями внутренней и внешней среды предприятия [6–8]. Поэтому для обеспечения устойчивого функционирования предприятия необходимо заранее выявить возможные неблагоприятные события, определить уровень негативного воздействия рисков и разработать соответствующие мероприятия по реагированию [9–11]. В риск-менеджменте к основным методам реагирования на риски относят: снижение рисков; распределение рисков; самострахование рисков; страхование рисков [12–14].

Для каждого риска предприятия можно разработать несколько различных мероприятий по реагированию, при выборе которых необходимо учитывать привлечение дополнительных финансовых и материальных ресурсов на снижение

уровня негативного воздействия рисков или на ликвидацию последствий наступивших рисков. Осуществление мероприятий по реагированию на риски приводит к дополнительным затратам и к уменьшению прибыли предприятия за отчетный период. Однако принятые мероприятия по реагированию на риски обеспечивают устойчивое функционирование предприятия, повышают эффективность и конкурентоспособность его деятельности.

Таким образом, перед руководством предприятия возникает проблема, связанная с разработкой и выбором эффективных мероприятий по реагированию на техногенные риски, с принятием решений о привлечении дополнительных денежных средств на снижение негативного воздействия рисков и на компенсацию потерь в случае наступления аварии.

Методология. В данной работе используется методология управления рисками, которая представляет собой совокупность методов структурирования, анализа и оценки рисков, реагирования на риски, объединенных в единую систему планирования, мониторинга и корректирующих воздействий.

Основная часть. При разработке и выборе лучших мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия необходимо использовать критерии экономической эффективности. Тогда затраты на проведение мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия Z_{pear} с учетом экономической эффективности, должны быть меньше полных потерь P_a в случае наступления аварии

$$Z_{\text{pear}} < P_a. \quad (1)$$

Полные потери Π_a в случае наступления аварий на опасных производственных объектах можно рассчитать в соответствии с методическими рекомендациями, приведенными в работе [15].

При управлении техногенными рисками предприятия необходимо разработать превентивные мероприятия по снижению негативного воздействия рисков до приемлемого уровня или по компенсации потерь в случае наступления аварии. Снижение негативного воздействия техногенных рисков предприятия в основном направлено на создание системы промышленной безопасности. Тогда затраты на проведение мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков предприятия можно определить следующим образом:

$$Z_{\text{сниж}} = Z_{\text{проект}} + Z_{\text{внед}} + Z_{\text{отм}}, \quad (2)$$

где $Z_{\text{проект}}$ – затраты на проектирование системы промышленной безопасности; $Z_{\text{внед}}$ – затраты на внедрение на предприятии системы промышленной безопасности; $Z_{\text{отм}}$ – затраты на проведение комплекса организационно-технических мероприятий по обеспечению промышленной безопасности.

Самострахование техногенных рисков предприятия предусматривает создание специального резервного фонда для компенсации потерь в случае наступления аварии. Денежные средства, выделенные на создание такого резервного фонда, предприятие может разместить в банке в виде краткосрочных депозитных вкладов. Тогда затраты на проведение мероприятий по самострахованию техногенных рисков предприятия можно определить следующим образом:

$$Z_{\text{рез}} = R\Phi - \sum_{i=1}^n (R\Phi_i (1 + d_{\text{деп}})^i - R\Phi_i), \quad (3)$$

где $R\Phi$ – величина резервного фонда самострахования техногенных рисков на момент его создания; $R\Phi_i$ – величина резервного фонда самострахования техногенных рисков за i -й период деятельности предприятия; $d_{\text{деп}}$ – ставка дисконта по краткосрочным депозитным вкладам.

Страхование техногенных рисков предприятия подразумевает передачу ответственности по компенсации потерь в случае наступления аварии страховым компаниям за определенную плату, называемой страховой премией. Размер такой страховой премии обычно не превышает нескольких процентов от величины страховой суммы, на которую был застрахован конкретный

риск предприятия. Тогда затраты на проведение мероприятий по страхованию техногенных рисков предприятия можно определить следующим образом:

$$Z_{\text{стр}} = \sum_{i=1}^n C\Pi_i, \quad (4)$$

где $C\Pi_i$ – величина страховой премии по техногенным рискам, уплаченной предприятием за i -й период деятельности.

Однако принятые мероприятия по снижению техногенных рисков предприятия не позволяют полностью устранить возможность наступления неблагоприятных событий и ожидаемые потери в случае наступления аварии. Кроме этого, если уровень потерь от аварии на предприятии будет слишком высоким, то денежных средств, выделенных на создание резервного фонда самострахования техногенных рисков, или выплачиваемого страховой компанией страхового возмещения, может не хватить. Поэтому следует рассмотреть возможность совместного применения разных методов воздействия на техногенные риски предприятия, например снижение и самострахование рисков, снижение и страхование рисков, страхование и самострахование рисков.

Таким образом, полные затраты на проведение мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия $Z_{\text{реар}}$ составят:

$$Z_{\text{реар}} = Z_{\text{сниж}} + Z_{\text{рез}} + Z_{\text{стр}}. \quad (5)$$

Определение экономической эффективности мероприятий предполагает сравнение полученного эффекта от проведенных мероприятий с затратами на его достижение. В общем, экономическую эффективность мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия будем определять следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\text{реар}} = \frac{\Delta\Pi_{\text{сниж}} + \Pi_{\text{ком}}}{Z_{\text{реар}}}, \quad (6)$$

где $\Delta\Pi_{\text{сниж}}$ – предотвращенные потери в случае наступления аварии с учетом проведенных мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков; $\Pi_{\text{ком}}$ – компенсированные потери в случае наступления аварии с учетом проведенных мероприятий по самострахованию и страхованию техногенных рисков; $Z_{\text{реар}}$ – затраты на проведение мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия.

Формула (6) показывает, какая величина потерь предотвращена и компенсирована в случае наступления аварии за счет вложения 1 рубля в проведение соответствующих мероприятий

по реагированию на техногенные риски предприятия.

Таким образом, выбор мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия с учетом рассмотренных критериев экономической эффективности будем проводить в следующей последовательности (см. рис. 1).

1. Формирование исходных данных:

- перечень техногенных рисков предприятия;
- характеристики негативного воздействия техногенных рисков предприятия, то есть веро-

ятность наступления аварии и ожидаемые потери;

- выбранный допустимый уровень техногенных рисков предприятия.

2. Формирование множества возможных мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия

$$M_{\text{реар}} = \{M_{ij}\}, \quad i = \overline{1, m} \quad j = \overline{1, n}, \quad (7)$$

где i – количество техногенных рисков предприятия; j – количество различных мероприятий по реагированию на i -й техногенный риск.

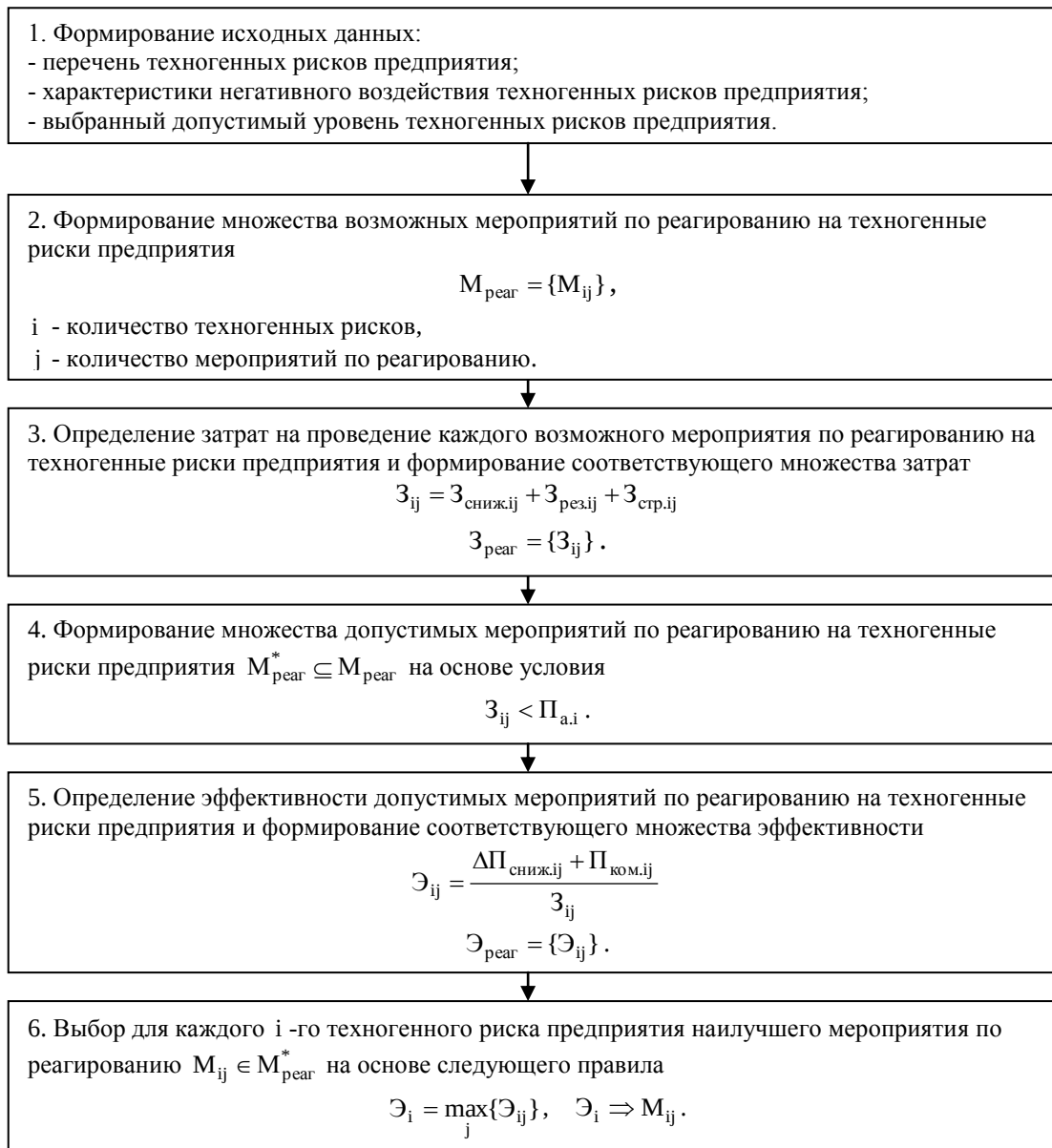


Рис. 1. Выбор мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия

3. Определение затрат на проведение каждого возможного мероприятия по реагированию на техногенные риски предприятия на основе формул (2)-(5) и формирование соответствующего множества затрат

$$Z_{\text{реар}} = \{Z_{ij}\}. \quad (8)$$

4. Формирование множества допустимых мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия $M_{\text{реар}}^* \subseteq M_{\text{реар}}$ на основе условия (1)

$$Z_{ij} < \Pi_{a,i}. \quad (9)$$

5. Определение эффективности допустимых мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия на основе формулы (6) и формирование соответствующего множества эффективности

$$\mathcal{E}_{\text{реар}} = \{\mathcal{E}_{ij}\}. \quad (10)$$

6. Выбор для каждого i -го техногенного риска предприятия наилучшего мероприятия по реагированию $M_{ij} \in M_{\text{реар}}^*$ на основе следующего правила

$$\mathcal{E}_i = \max_j \{\mathcal{E}_{ij}\}, \quad \mathcal{E}_i \Rightarrow M_{ij}. \quad (11)$$

Выводы. Для выбора лучших мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия предложены критерии экономической эффективности, которые учитывают возможные потери в случае наступления аварии, а также затраты и соответствующий эффект при осуществлении различных мероприятий реагирования на риски. Принятый таким образом комплекс мероприятий по реагированию на техногенные риски обеспечивает устойчивое функционирование предприятия, повышает конкурентоспособность и эффективность его деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В. Системы управления рисками чрезвычайных ситуаций: монография. Белгород: ООО «Планета-Полиграф», 2010. 164 с.
2. Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Электронный ресурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. [http:// base.garant.ru](http://base.garant.ru) (дата обращения: 31.01.2017).
3. Федеральный закон от 21.12.1994 №68-ФЗ «О защите населения, территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Электронный ресурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. [http:// base.garant.ru](http://base.garant.ru) (дата обращения: 31.01.2017).
4. Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В. Опасные технологии и производства: учебное пособие. Белгород: Издательство БГТУ, 2014. 183 с.
5. Жидко Е.А. Управление техносферной безопасностью: учебное пособие. Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. 108 с.
6. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В. Мониторинг, прогнозирование, моделирование и оценка рисков чрезвычайных ситуаций в системе высшего профессионального образования: монография. Белгород: ООО «ЕвроПолиграф», 2012. 120 с.
7. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Добровольский В.С., Овечкин А.Н. Моделирование систем комплексной безопасности высших учебных заведений: монография. Белгород: ООО «Планета-Полиграф», 2009. 130 с.
8. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Ветрова Ю.В., Шаптала В.В. Теоретические основы прогнозирования безопасности учреждений высшего профессионального образования: монография. Белгород: Издательство БГТУ, 2014. 211 с.
9. Фирсова О.А. Управление рисками организаций: учебно-методическое пособие. Орел: Межрегиональная Академия безопасности и выживания (МАБИБ), 2014. 82 с.
10. Никонов В. Управление рисками. М.: Альпина Паблишер, 2016. 285 с.
11. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Ветрова Ю.В. Управление комплексной безопасностью высших учебных заведений: монография. Белгород: Издательство БГТУ, 2013. 128 с.
12. Бартон Т., Шенкир У., Уокер П. Риск-менеджмент. М.: Вильямс, 2008. 208 с.
13. Гончаренко Л. П., Филин С. А. Риск-менеджмент. М.: КноРус, 2007. 216 с.
14. Эндрю Холмс. Риск-менеджмент. М.: Эксмо, 2007. 304 с.
15. РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» [Электронный ресурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. <http://files.stroyinf.ru/Data1/44/44716/> (дата обращения: 31.01.2017).

Latkin M.A., Nesterova N.V., Shaptala V.G., Radautsky V.Yu.

SELECTION OF ACTIVITIES FOR RESPONSE TO THE TECHNOGENIC RISKS OF THE ENTERPRISE

The problem of development and selection of a complex of measures for responding to the technogenic risks of an enterprise, taking into account the criteria of economic efficiency, is considered. For each man-caused risk of the enterprise, it is possible to develop several different response measures, the implementation of which leads to additional costs and a reduction in the enterprise's profit for the reporting period. However, the measures taken to respond to technogenic risks ensure the sustainable operation of the enterprise, increase the competitiveness and effectiveness of its activities.

Key words: risk management, technogenic risks of the enterprise, choice of measures for responding to risks.

Латкин Матвей Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: zchs@intbel.ru

Нестерова Надежда Викторовна, доктор технических наук, профессор кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: zchs@intbel.ru

Шаптала Владимир Григорьевич, доктор технических наук, профессор кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: zchs@intbel.ru

Радоуцкий Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: zchs@intbel.ru

*Девятилова Е.М., магистрант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ НА ОПОРАХ КОЛЬЦА С НЕРАСТЯЖИМОЙ СРЕДНЕЙ ЛИНИЕЙ

e.devyatilova@gmail.com

При обработке крупногабаритных тел возникает задача управления резанием, которая требует для своей реализации интегрирование уравнения динамики кольца в реальном масштабе времени. Сложность решения этой системы уравнений обусловлена необходимостью учета неопределенных множителей Лагранжа, обусловленных условием нерастяжимости средней линии и наличием опор. Актуальной проблемой является квадратичный рост времени расчета при увеличении числа гармоник. Данная статья посвящена анализу возможности использования параллельной обработки данных в исследованиях по динамике вращающегося на опорах кольца с нерастяжимой средней линией на этапе исключения множителей Лагранжа. В ходе анализа были проведены тестирование и замеры для разного количества гармоник. Выявлено значительное уменьшение времени работы программы на измеряемом участке непосредственного преобразования системы.

Ключевые слова: параллельные вычисления, динамика вращающегося на опорах кольца, матричные преобразования.

В настоящее время большое распространение получили многоядерные компьютеры. Основными их преимуществами перед одноядерными является возможность осуществлять распараллеливание процессов при проведении большого объема вычислений. Это позволяет использовать более сложные, а, следовательно, более точные алгоритмы для управления различными техническими системами в реальном масштабе времени.

Рассмотрим возможность распараллеливания в исследованиях по динамике вращающегося кольца [1–5]. Получение решения системы уравнений динамики вращающегося на опорах кольца с нерастяжимой средней линией связано с большим количеством вычислений системы уравнений, вследствие необходимости учета нерастяжимой средней линии и нулевых перемещений в точках опор [6].

При обработке крупногабаритных тел возникает задача управления резанием, которая требует для своей реализации интегрирование уравнения динамики кольца в реальном масштабе времени.

Сложность решения этой системы уравнений обусловлена необходимостью учета неопределенных множителей Лагранжа, обусловленных условием нерастяжимости средней линии и наличием опор.

Систему уравнений динамики кольца в общем виде можно записать так:

$$A_2 \ddot{W} + A_1 \dot{W} + A_0 W = M_H \lambda_H + M_0 \lambda_0 + Q \quad (1)$$

Здесь W – вектор неизвестных функций

времени, которые надо определить, размером $4N$, где N – количество гармоник;

A_2, A_1, A_0 – матрицы коэффициентов, размером $4N \times 4N$;

M_H – матрица частных производных условий связи вследствие нерастяжимости средней линии по вектору W , размером $4N \times 2N$;

M_0 – матрица частных производных условий связи, обусловленных наличием опор по вектору W , размером $4N \times 2$;

λ_H, λ_0 – векторы неопределенных множителей Лагранжа, размерами $2N$ и 2 , соответственно;

Q – вектор внешних сил, размером $4N$.

Для преобразования системы (1) к виду, пригодному для численного интегрирования, необходимо исключить неопределенные множители Лагранжа и учесть условия связей на переменные. Осуществляется это путем использования матричных преобразований системы (1).

Для дальнейших вычислений будем использовать преобразованную систему с общим вектором:

$$\lambda^T = [\lambda_{H1} \lambda_{H2} \dots \lambda_{H2N} \lambda_{01} \lambda_{02}] \quad (2)$$

Тогда система (1) примет вид:

$$A_2 \ddot{W} + A_1 \dot{W} + A_0 W = M_\lambda \lambda + Q \quad (3)$$

Получить окончательные формулы для элементов системы уравнений (3) с исключенными множителями Лагранжа проблематично, поэтому используются матричные преобразования. Необходимо исключить из системы (3) вектор λ . Для этого

представим каждую матрицу системы (3) в виде двух матриц:

$$A_2 = \begin{bmatrix} A_{21} \\ A_{22} \end{bmatrix}, A_1 = \begin{bmatrix} A_{11} \\ A_{12} \end{bmatrix}, A_0 = \begin{bmatrix} A_{01} \\ A_{02} \end{bmatrix}, M_\lambda = \begin{bmatrix} M_{\lambda 1} \\ M_{\lambda 2} \end{bmatrix}, Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Размеры матриц: A_{21}, A_{11}, A_{01} $(2N+2) \times 4N$; A_{22}, A_{12}, A_{02} $(2N-2) \times 4N$; $M_{\lambda 1}$ $(2N+2) \times (2N+2)$; $M_{\lambda 2}$ $(2N-2) \times (2N+2)$; векторов: Q_1 $(2N+2)$; Q_2 $(2N-2)$.

Вычисления по формуле (4) можно распараллелить. Стоит отметить, что на тестовом компьютере четыре ядра и вычисления

будут распараллеливаться не более чем на четыре потока.

Так же стоит заметить, что вычисления матриц из формулы (4) можно распараллелить и на 10 потоков, но стоит соблюдать баланс между временем выполнения и количеством потоков.

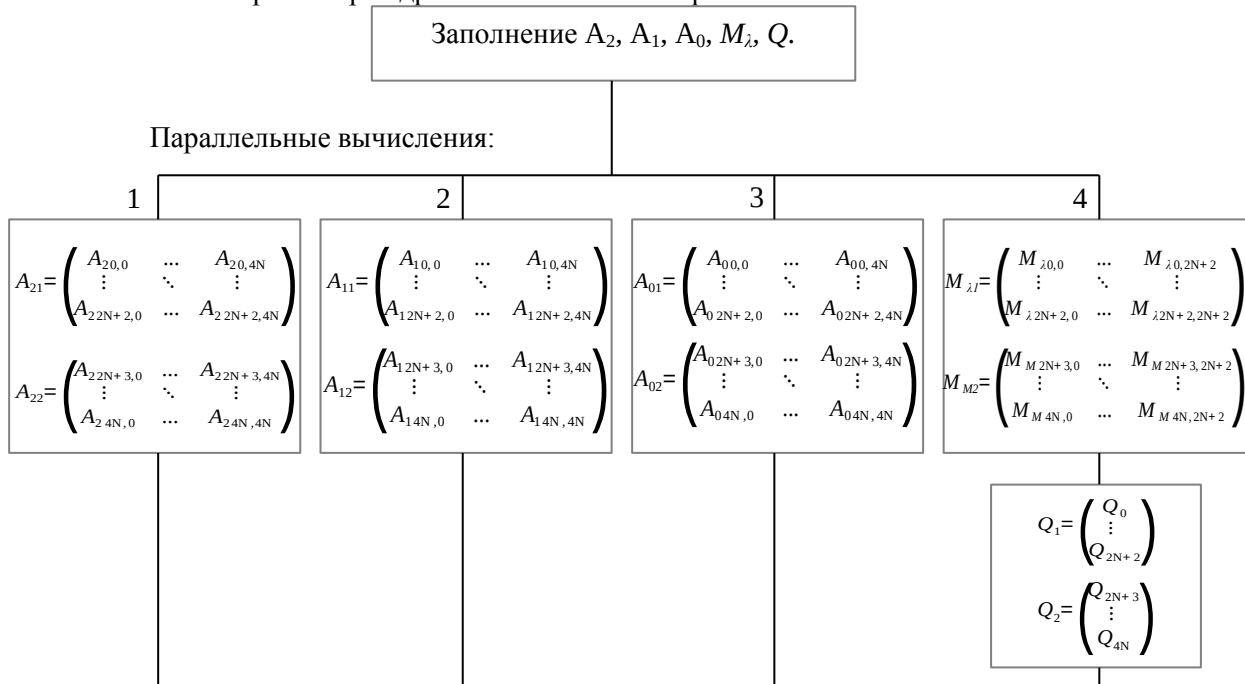


Рис. 1. Параллельные вычисления по формуле (3)

На рис. 1 числами обозначены параллельные области выполнения, разделенные на четыре потока. В четвертом обрабатываются вместе $M_{\lambda 1}$, $M_{\lambda 2}$ и Q_1 , Q_2 , так как количество операций обращения к M_λ и Q суммарно

меньше, чем к любой из A_i ($i = 0, 2$).

Таким образом можно распараллелить механизм получения матриц B_2 , B_1 , B_0 и B_Q из [6] (стр. 44), рис. 2.

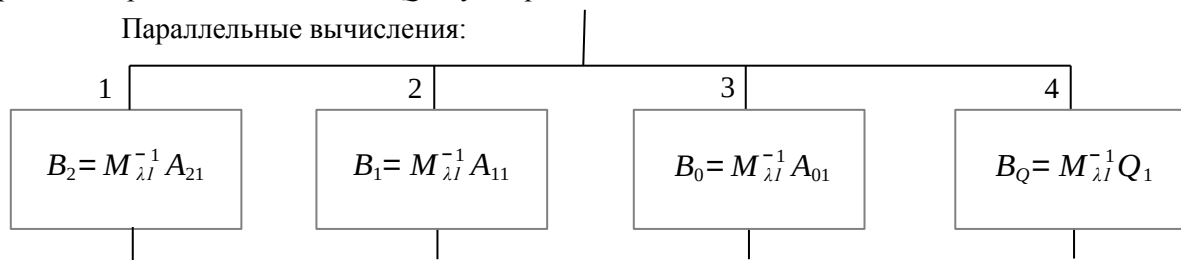


Рис. 2. Участок блок-схемы параллельных вычислений

Для упрощения понимания и не загромождения статьи изобразим схематично в виде упрощенной блок-схемы участки кода, которые можно распараллелить на рис. 3.

Таким образом в итоге получаем систему:

$$E_2 \ddot{P} + E_1 \dot{P} + E_0 P = F \quad (5)$$

В системе (5) неизвестные функции P получены вследствие преобразования

неизвестных функций W , после получения решения системы уравнения (3) относительно неизвестных a_{vi} и b_{vi} после получения условий связи, обусловленных нерастяжимостью средней линии, в которой фигурируют только обобщенные координаты, исключения неопределенных множителей Лагранжа и учета условий связи в точках опор, получим:

$$P = [a_{u1} \dots a_{uN-1} b_{u1} \dots b_{uN-1}] \quad (6)$$

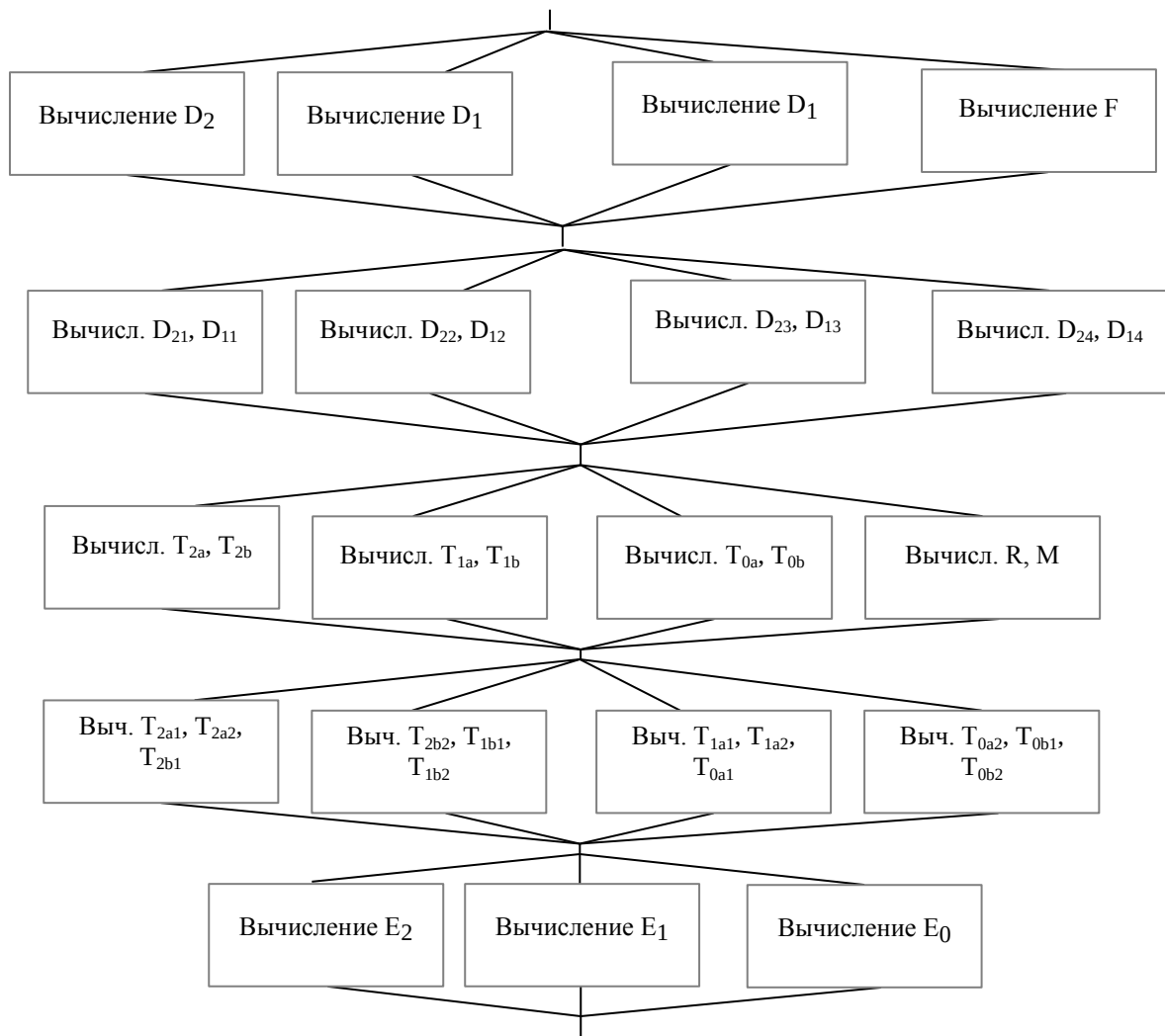


Рис. 3. Упрощенная блок-схема с параллельными вычислениями

Дальнейшее решение системы уравнений (5) является итеративным процессом и плохо поддается методам распараллеливания.

Эксперимент проводился на компьютере с процессором AMD A10-5745M 2.10 Гц, ОЗУ 6 Гб, среда разработки Visual Studio 2015, язык

С#. Результаты экспериментов представлены в таблице 1. Замеры времени проводились непосредственно в области распараллеливания – приведение системы к виду, пригодному для численного интегрирования.

Таблица 1

Замеры времени проведения эксперимента

Количество процессов, k	Кол-во гармоник, N					
	2	4	6	8	10	12
1	0,00886	0,01418	0,02752	0,04095	0,07178	0,10577
2	0,01781	0,01674	0,02018	0,02836	0,04746	0,06862
3	0,03350	0,02316	0,02190	0,02828	0,03864	0,05862
4	0,03583	0,02987	0,02660	0,02816	0,03795	0,05250

При анализе данных из таблицы 1 видно, что при малом количестве гармоник применение распараллеливания нецелесообразно и ведет к увеличению работы программы. Это объясняется затратой ресурсов на инициализацию дополнительных процессов и

передачу данных. В распараллеливании при $N = 6$ наблюдается уменьшение времени на вычисления при $k = 2$. Время вычисления при $k = 2$ меньше, чем при $k = 3$ и $k = 4$, но время при $k = 1$ больше, чем при параллельном выполнении. При $N \geq 8$ время при параллельном

выполнении меньше, чем при последовательном и распараллеливание алгоритма можно считать эффективным. В таблице 2 представлены

коэффициенты ускорения, рассчитанные по формуле $K = t_l / t_n$.

Таблица 2

Коэффициенты ускорения

Количество процессов, k	Кол-во гармоник, N					
	2	4	6	8	10	12
1	1	1	1	1	1	1
2	0,49766	0,84722	1,36376	1,44375	1,51256	1,54127
3	0,26450	0,61233	1,25647	1,44830	1,85754	1,80438
4	0,24730	0,47466	1,03456	1,45438	1,89146	2,01455

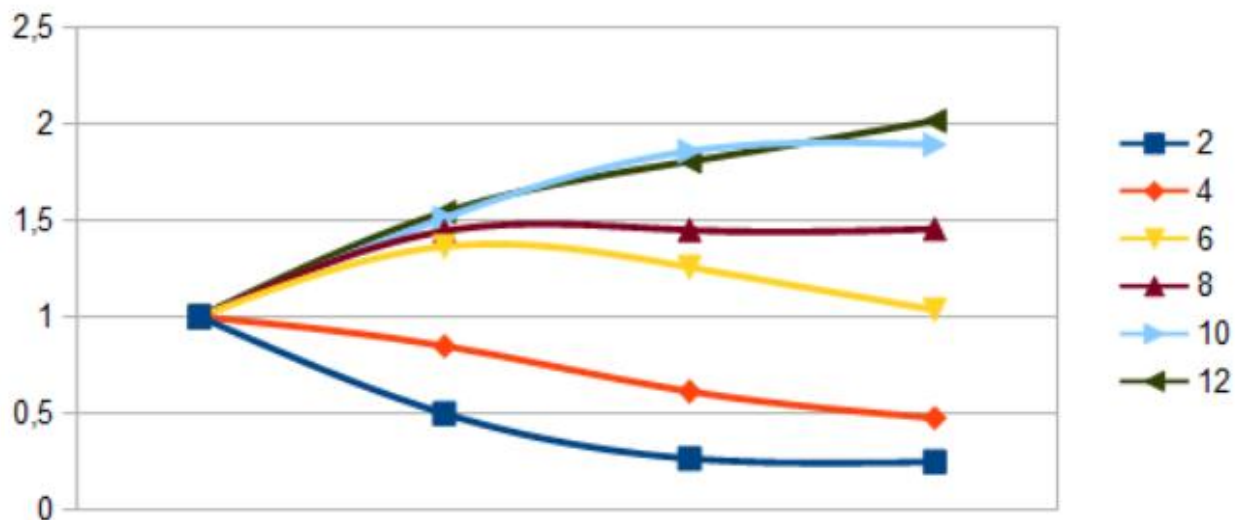


Рис. 4. Графики коэффициентов ускорения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полунин А.И. Динамика прецессионного движения стоячих волн во вращающемся кольце с опорами // Труды VIII Международной научно-технической конференции «Вибрация-2008. Вибрационные машины и технологии». Курск: КГТУ, 2008. С. 106–112.

2. Полунин А.И. О математическом моделировании прецессионного движения стоячих волн во вращающейся на опорах оболочке с нерастяжимой срединной поверхностью // Научные ведомости Белгородского государственного университета. 2010. № 13(84). Выпуск 15/1. С. 93–98.

3. Полунин А.И. Математическое моделирование параметрического резонанса во вращающейся на опорах оболочке // Информационные технологии в науке, образовании и производстве. ИТНОП-2010; материалы IV-й Международной научно-

технической конференции, г. Орел, 22-23 апреля 2010г. В 5-ти т.Т.3/ под общ. ред. д-ра техн. наук проф. И.С. Константинова. Орел: ОрелГТУ, 2010. С. 226–231.

4. Полунин А.И. Смышляева Л.Г. Об оценке точности идентификации параметров кольца по результатам измерения его колебаний при вращении на двух опорных роликах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №5. С. 162–169.

5. Серов В.В., Дуганов, В.Я. Определение собственных частот колебаний массивного вращающегося кольца [Электронный ресурс]. URL: http://www.rusnauka.com/ONG_2006/Matemathics/17845.doc.htm (дата обращения 14.03.2017).

6. Полунин А.И. Теоретические основы динамики кольца при его обработке по мобильной технологии. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 60 с.

Devyatilova E.M.**APPLICATION OF PARALLEL PROCESSING FOR THE ALGORITHM OF SOLUTION OF THE SYSTEM OF EQUATIONS OF THE DYNAMICS OF THE ROTATING RING WITH THE UNINTERRUPTED MEDIUM LINE**

When machining large-sized bodies, a cutting control problem arises that requires integration of the ring dynamics equation in real time for its implementation. The complexity of solving this system of equations is due to the need to take into account the uncertain Lagrange multipliers caused by the condition of inextensibility of the midline and the presence of supports. An actual problem is the quadratic growth of the calculation time with increasing number of harmonics. This article is devoted to the analysis of the possibility of using parallel data processing in studies on the dynamics of a rotating ring on supports with an inextensible middle line at the stage of elimination of Lagrange multipliers. During the analysis, testing and measurements for a different number of harmonics were carried out. A significant decrease in the operating time of the program on the measured part of the direct conversion of the system was revealed.

Key words: parallel computing, dynamics of a rotating ring on supports, matrix transformations.

Девятилова Евгения Михайловна, магистрант кафедры программного обеспечения вычислительных технологий и автоматизированных систем.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: e.devyatilova@gmail.com

Гвоздевский И.Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЙ

igorek@intbel.ru

В настоящее время большое значение имеют информационные системы, используемые для мониторинга, диагностики и управления различными критическими элементами инфраструктуры современных предприятий и структур жизнеобеспечения. Зачастую системы представляют собой сложные взаимосвязанные комбинации подсистем, которые решают совместные задачи управления. Такие многоуровневые системы могут быстро передавать критически важные данные, необходимые для принятия решения оператору автоматизированного комплекса.

Ключевые слова: семантическая модель, распределенные вычислительные системы, автоматизированная система диспетчерского управления, онтология.

Введение. Разнообразие элементной базы, программного обеспечения, протоколов взаимодействия на ключевых уровнях позволяет говорить о решении проблем оптимизации внутренних структур и подходов к хранению и обработке наборов данных, которые в интерактивном режиме доставляются оператору или комплексной системе мониторинга. Характерной особенностью работы таких систем является отзывчивость реакции на событие, поэтому входящие данные должны быть представлены в наиболее удобной форме, что позволит использовать их любыми элементами, входящими в современную автоматизированную систему диспетчерского управления.

Методология. В информационной системе онтология может быть сформирована для выполнения различных задач, в том числе на разных уровнях функционирования среды. Высший уровень онтологий при использовании классификации для задачи является наиболее общим и помогает реализовать концептуализацию формализмов представления знаний (онтология представления). Онтологией верхнего уровня можно считать следующим шагом в детализации онтологической модели. Дальнейшая консолидация онтологии позволяет создать онтологию определенной предметной области, используемую для решения любых проблем определенной области знаний. Более низкий уровень классифицируется как прикладная онтология, которая позволяет выполнять определенную узко специализированную задачу.

Основная часть. Поскольку подсистемы, которые являются частью распределенной автоматизированной системы, в основном самодостаточны, используемые в них данные имеют структурированный вид и представляют собой поток событий, записанных в файле или базе

данных. В результате расширения числа подсистем в процессе эксплуатации растет число элементов, необходимых для поддержки формирования, регистрации и интерпретации этих потоков.

При использовании географически распределенных сложных систем, к которым может быть отнесена рассматриваемая автоматизированная система диспетчерского управления, необходимо учитывать ряд факторов, влияющих на оперативность реакции системы, унификацию средств управления для формирования управляющего потока событий, создание общего Хранилища данных, способные обеспечить возможность анализа сущности происходящих процессов, системы в целом и ее отдельных элементов.

Для решения проблем в информационной среде онтологии также могут быть классифицированы в соответствии с их содержанием на рис. 1. Это позволяет акцентировать внимание на содержании базы знаний, а не на общей формализованной модели абстрактных понятий. На верхнем уровне можно описать основные понятия, абстрагированные от предметной области, такой концепцией может быть время, объекты, событие, действие.

Ориентированная онтология (онтология среднего уровня) позволяет использовать ее при реализации прикладного программного обеспечения для выполнения конкретной задачи. Часто онтологии [4] заданного уровня содержат конкретные понятия и элементы, присущие только данной предметной области, но также можно хранить общие понятия. Ориентированная онтология содержит терминологию, представленную в онтологиях верхнего уровня, по наследству. Онтология [3] субъекта (онтология нижнего уровня) содержит описательную часть конкрет-

ного объекта, участвующего в конкретной деятельности. Эта онтология позволяет указать по-

дробные характеристики конечного объекта и методы взаимодействия.



Рис. 1. Общий вид частиц отходов ММС

К основным методам определения онтологий в настоящее время можно отнести следующие подходы:

- Наборы;
- Графический подход;
- Автоматизированный подход;
- Описательная логика.

При использовании множеств онтология определяется как набор определений (понятий) домена, отношений между понятиями и набора функций для интерпретации понятий по множеству отношений. Этот подход является более абстрактным, что повышает гибкость приложения и очень похоже на подход к дескриптивной логике [3]. При создании модели, описывающей предметную область, основной проблемой является сложность используемой алгебры множеств. Также нет встроенных методов для тестирования онтологии и выборки данных, реализация которых является сложной и зависит от конкретной модели.

При определении онтологии с использованием графового подхода основным преимуществом является ясность, которая облегчает понимание модели для широкого круга людей, не обладающих специальными навыками, а также структурируемость информации. Онтология в этом случае представляется в виде ориентированного графа с циклами. Понятия - это вершины, а дуги графа соответствуют отношениям между определениями. Обширный математический аппарат теории графов позволяет использовать различные методы исследования с помощью эффективных алгоритмов, но он затрудняет унификацию и стандартизацию представлений, поскольку он не является ограничительной логикой для онтологии.

Реализация задачи описания онтологии возможна с помощью конечного автомата, что позволяет применять соответствующий концептуальный и математический аппарат. Этот под-

ход не позволяет подробно описать иерархии, описанные в онтологиях. Например: если мы представляем онтологию в виде ориентированного графа

$$O = (K, R) \quad (1)$$

где K – множество предметных областей, а R – множество бинарных отношений между K , то детерминированному автомату можно поставить в соответствие такой граф.

$$A = (N, D, M, E, F(k, r)) \quad (2)$$

где N – начальное состояние автомата, D – входной алфавит, M – множество состояний автомата, E – конечное состояние автомата, $F(k, r)$ – множество переходных функций. Представление онтологий в виде конечных автоматов имеет возможность использовать операции пересечения, объединения, итерации, умножения нескольких автоматов, а также соответствующие алгебраические свойства формальных языков с помощью регулярных множеств. Основные недостатки этого подхода можно объяснить отсутствием полноты онтологических описаний [2], невозможностью однозначной интерпретации понятий и предметных областей в целом, сложности идентификации понятий и объектов на разных уровнях онтологии.

Адаптивный подход (дескриптивная логика) задачи онтологии основан на соответствующих инструментах логики предикатов первого порядка, семантических сетях и фреймах. Основные понятия этого подхода - унарные (элементарные понятия) и бинарные (элементарные роли) предикаты, используемые для определения отношений. Такой подход позволил нам сравнить операции с элементарными понятиями с определенными логическими операциями.

Одним из направлений использования онтологий является применение моделей в автоматизированных системах диспетчеризации для

распределенных объектов жизнеобеспечения. Данная система представляет собой [1] сложную систему, имеющую многоуровневую структуру. Главной особенностью таких систем является возможность мониторинга и управления распределенными объектами в реальном времени [5]. Современные автоматизированные системы диспетчерского управления являются многоуровневыми системами, которые позволяют функционировать и обеспечивать регулирование процессов в случае критических ситуаций.

Многослойная система диспетчеризации (рис. 2) обеспечивается с помощью локальных систем управления [1] (системы электропитания,

тепловые пункты, системы приточно-вытяжной вентиляции), приводы (электромагнитные клапаны, насосы) на более низком уровне взаимодействия. Промежуточный технологический уровень коммуникационного оборудования, включая программные контроллеры, интерфейсные преобразователи, позволяет формировать пакеты управляющей и системной информации. Взаимодействие с верхним прикладным уровнем (базами данных, рабочими станциями пользователей, веб-серверами, серверами резервных технологий) осуществляется через транзитный уровень сетевого оборудования.



Рис. 2. Иерархическая модель работы АСДУ

При создании онтологии нижнего (рис. 3) технологического уровня, очень важно провести детальную классификацию систем и оборудования, а также определить связь по принципу объект – функционал – система.

Используя разработанные модели для обеспечения функционирования распределенной компьютерной сети, были рассмотрены основные способы хранения и взаимодействия с онтологиями [3], которые должны обеспечить высокую эффективность и показатели производительности. Чтобы хранить такие структуры, должны быть сформулированы механизмы, помимо информационного объекта, иметь возможность коррелировать данные и набор метаданных, описывающих классы и их свойства, а так-

же взаимосвязи между ними. В настоящее время существует несколько направлений для реализации онтологических хранилищ [4]:

- представлять в виде плоской модели;
- отображение онтологии в SQL-подобную модель базы данных;
- прикладное реляционное хранилище rdf-триплетов, owl репозиторий.

Для взаимодействия с разработанной моделью был проведен эксперимент, в котором предварительно сформированная структура онтологии одного из уровней модели работы модели автоматизированной системы диспетчеризации была загружена в соответствующие типы онтологических хранилищ. Время загрузки триплетов в различных моделях хранения (табл. 1.).

Таблица 1

Загрузка данных в онтологическую модель хранилища распределенной системы

Количество загруженных триплетов	Время выполнения запроса, тип хранилища, сек						
	Плоская модель	Jena TDB	Jena SDB	In-mem	Sesame	GraphDB	MySQL
100K	0,587	0,208	6,481	0,693	9,024	6,362	1,012
500K	17,721	5,083	81,187	7,302	121,739	93,23	3,144
1M	67,297	38,667	321,836	64,891	588,342	387,6	7,673
5M	143,944	110,093	788,779	123,03	1540,75	960,8	38,57
10M	326,2658	215,059	1544,590	232,66	3290,80	2098	77,555
50M	672	426,730	2900,563	473,74	6888,06	3988	354,142
100M	3713,299	2368,35	15342,95	2672,9	49301,3	20408,5	703,712

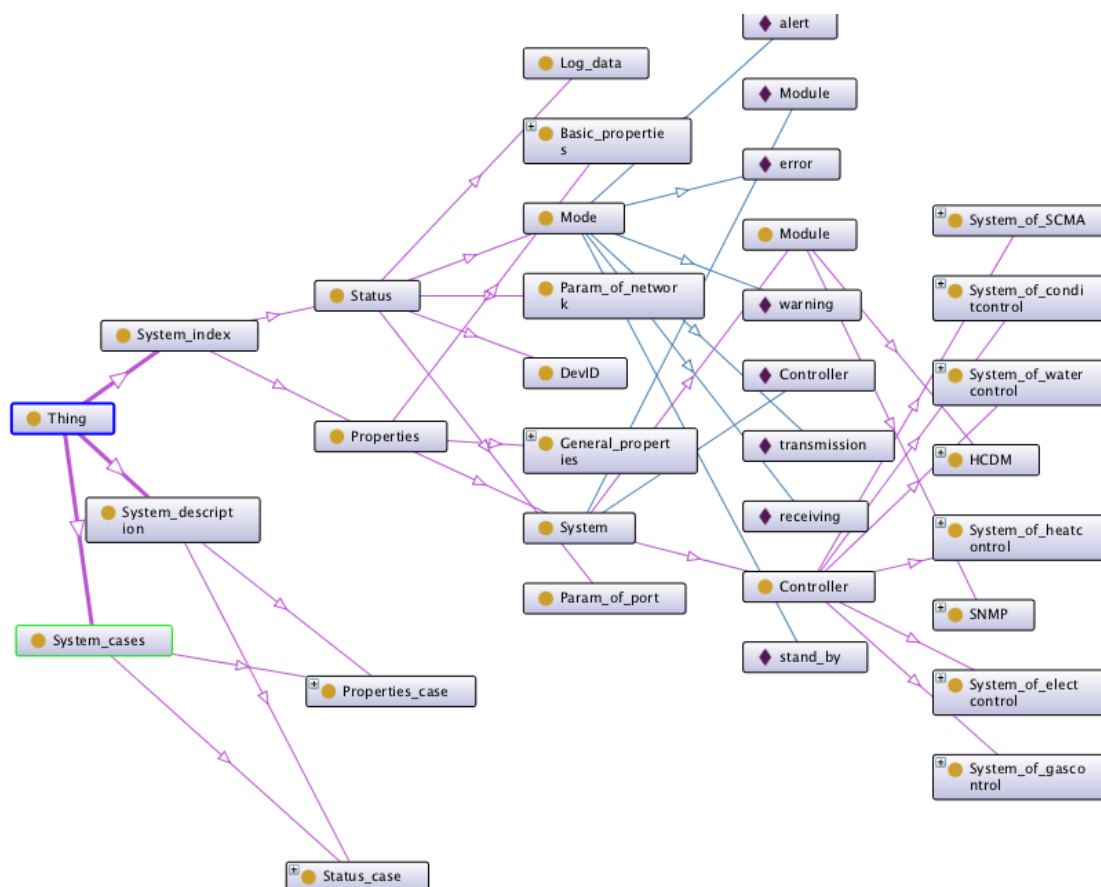


Рис. 3. Структура онтологии технологического уровня.

При разработке моделей онтологий уровней можно выделить следующие объекты:

- System_index - иерархическая структура, описывающая состав соответствующего уровня, свойств, типов объектов и их состояний;
- System_cases - иерархическая структура, которая позволяет устанавливать прецеденты для соответствующего уровня;
- System_descripton - иерархическая структура, взаимодействие с системами управления, мониторинг агентов и систем.

Выводы. Для реализации взаимодействия между уровнями абстракции автоматической системы диспетчерского управления, а также различных разрозненных информационных и

технологических систем, использование моделей онтологий и семантических структур, которые описывают свойства, базовую функциональность отдельных узлов, их состояние и способность предоставить информацию об ответе системы или узла на отказ, показывают их эффективность. Для этого каждый уровень выделяется в виде отдельной онтологии, представленной в формате owl / rdf, для удобства агентов соответствующего уровня. Эффективность подхода связана с детальной классификацией систем и оборудования, а также с определением механизмов коммуникации на основе принципа объектно-функциональной системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Быстров А.Б., Кошлич Ю.А. Демонстрационная зона для энергосбережения БГТУ. В.Г. Шухова - база для разработки энергосберегающих проектов в регионе // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. № 10 (116). С. 10–17
2. Слободюк А.А., Маторин С.И., Четвериков С.Н. О подходе к созданию онтологий на основе системно-объектных моделей предметной области // Научные бюллетени Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2013. Т. 28. № 22–1 (165). С. 186–194
3. Amann B., Fundulaki I., Scholl M. Интеграция онтологий и тезаурусов для создания схемы RDF и запросов к метаданным // Международный журнал по цифровым библиотекам. 2000. Т. 3. № 3. С. 221–236.
4. Симмонс Р. Семантические сети: их вычисление и использование для понимания английских предложений в «Компьютерных моделях мысли и языка», Schank R., Colby C. (ред.), Сан-Франциско. 1973 г.
5. Поляков В.М., Буханов Д.Г. Метод выбора расположения элементов контроля в распределенных системах диагностирования на основе кластерного анализа // Теория и практика системного анализа: сборник трудов Всерос. молодеж. конф., Белгород, 1–3 октября 2012, г. Белгород: ИД «Белгород», 2012. С. 46–49.
6. Поляков В.М., Буханов Д.Г., Синюк В.Г. Базовые структурные модели распределенных вычислительных систем в многоагентной диагностической среде // Журнал «Информационные системы и технологии». 2012. №4(72). С. 52–56
7. Слободюк А.А. Расширенная классификация фактов, извлекаемых из УФО-модели в целях построения онтологии предметной области // Шестая международная научно-техническая конференция «Инфокоммуникационные технологии в науке, производстве и образовании» (Инфоком-6): сборник научных трудов, Ставрополь, 21–27 апреля 2014, г. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. С. 404–406
8. Семерханов И.А., Муромцев Д.И. Интеграция информационных систем на основе связанных данных // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 5 (87). С. 123–127.
9. Кондратенко А.А., Маторин С.И. Логический вывод на визуальных графоаналитических УФО-моделях путем интеграции со средствами онтологического инжиниринга // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2016. №9 (230) С. 156–164.
10. Цвелик Е.А. Метод построения иерархии критериев на основе онтологического анализа системы // ИВД. 2013. №4 (27) С.66.
11. Использование онтологий в системах на базе Jena [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: <http://jena.apache.org/documentation/ontology/> (дата обращения: 11.03.2017).
12. Спецификация языка RDF. W3C: Resource Description Framework (RDF). [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: <http://www.w3.org/RDF/> (дата обращения: 27.02.2017).

Gvozdevskiy I.N.

METHODS OF PRESENTATION OF DATA FOR USE IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS BASED ON ONTOLOGY

Currently, information systems used for monitoring, diagnosis and management of various critical elements of the infrastructure of modern enterprises and life support structures are of great importance. Often, systems are complex interrelated combinations of subsystems that solve joint management tasks. Such multi-tiered systems can quickly transfer the critical data needed to make a decision to the operator of an automated complex. The variety of element base, software, protocols of interaction at key levels allows to talk about solving problems of optimization of internal structures and approaches to storage and processing of data sets that are delivered online to the operator or complex monitoring system.

Key words: semantic model, distributed computing systems, automated dispatch control system, ontology.

Гвоздевский Игорь Николаевич, аспирант кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: igorek@intbel.ru

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

DOI: 10.12737/article_58e61338b0f819.11169071

*Карамышев А.Н., канд. экон. наук, доц.,
Казаева М.С., студент,
Абросимова Е.В., препод.,
Федоров Д.Ф., препод.
Казанский федеральный университет*

АНАЛИЗ ПРОЦЕССНОЙ МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ «ШЕСТЬ СИГМ»

antonkar2005@yandex.ru

Процессная методология управления «Шесть сигм» является одной из самых распространенных методологий процессного управления, методы и наработки которой применяются в ведущих транснациональных корпорациях и во многом определяют их конкурентоспособность. Методология «Шесть сигм» акцентирует внимание на производственных операциях основных бизнес-процессов с целью повышения качества производимой продукции и минимизации уровня брака. Достижение этих целей осуществляется стабилизацией результатов технологических операций на основе специфических принципов управления, а также математических и статистических методов. В статье рассмотрены принципы и основные методы методологии «Шесть сигм», выявлены преимущества и недостатки, а также особенности ее применения.

Ключевые слова: процессное управление, шесть сигм, промышленность, философия менеджмента, машиностроение.

Введение. В рамках данной методологии внимание акцентируется на повышении качества технологических операций производственных процессов и минимизации числа дефектов товарной продукции. Процессы анализа и модификации производственных процессов осуществляются специальными рабочими группами [1].

Методология «Шесть сигм» была разработана в 1980-х годах сотрудником компании «Motorola» Биллом Смитом, а известность и широкое распространение она получила после реализации в компании «General Electric». Название методологии получила от буквы σ («сигма»), которая в статистике используется для обозначения среднеквадратического отклонения [2].

Основной текст. Принципы методологии «Шесть сигм» следующие:

1. Ориентация на потребителя. Реализуется повышением уровня удовлетворенности потребителя товарной продукции.

2. Принятие управленческих решений на основе фактов. Для получения фактических данных о производственных процессах их анализируют, собирают информацию об интересующих параметрах технологических процессов [2, 3].

3. Сотрудничество. Четкое разграничение обязанностей и ответственности между сотрудниками позволяет избежать ненужной конкуренции между ними и повысить качество отношений внутри коллектива.

4. Ориентация на процессы. Вся деятельность рабочих групп осуществляется в рамках анализируемых бизнес-процессов [1, 4].

5. Постоянное стремление к совершенствованию процессов.

6. Проактивное управление. Под ним понимается превентивный поиск возможных проблемных точек производственной системы [3-5].

Выделяют следующие методы реализации методологии «Шесть сигм»:

1. Методы генерации идей и структурирования информации [6]:

1.1. Мозговой штурм. Основная цель метода – генерация максимального числа способов решения проблемы и последующий выбор наилучшего из них.

1.2. Диаграмма сродства. Применяется для группировки различных идей по определенным признакам. Позволяет структурировать способы решения поставленных задач.

1.3. Голосование. Варианты, набравшие наибольшее количество голосов, подвергаются более глубокому анализу.

1.4. Древовидная диаграмма иерархии и связей между предложенными способами решения проблемы.

1.5. Диаграмма SIPOC. Является упрощенным способом описания бизнес-процесса или его составных элементов. Представляет собой таблицу с описанием названия бизнес-процесса, его поставщиков и потребителей, входных и выходных продуктов.

1.6. Блок-схема (карта процесса). Представляет собой алгоритм реализации процесса с учетом возможных вариантов действий при его выполнении. Язык картирования блок-схем описан в ГОСТ РФ 19.701-90 [6, 7].

1.7. Диаграмма причин и результатов (диаграмма «рыбий скелет», диаграмма Исикава). Позволяет выявить причинно-следственные связи. Данная диаграмма похожа на скелет рыбы, ее «головой» является решаемая проблема. А возможные причины возникновения проблемы группируются вдоль оси, примыкающей к «голове», и замыкаются на нее.

2. Методы сбора данных:

2.1. Выборочный метод. Для определения интересующих параметров бизнес-процессов и явлений используют метод выборочного контроля [2, 8].

2.2. Определение однозначно понимаемой единицы измерения интересующих параметров.

2.3. Методы для налаживания эффективных коммуникаций с конечным потребителем. Целью данной группы методов является сбор информации о потребительских предпочтениях и ее анализ.

2.4. Разработка анкетных (контрольных) листов с целью более эффективного сбора интересующей информации.

2.5. Методы обеспечения достоверности и точности измерений.

3. Методы анализа информации и бизнес-процессов:

3.1. Анализ блок-схемы бизнес-процесса. Целью данного метода является поиск ненужных или несвоевременных действий в ходе выполнения бизнес-процесса [2, 5, 9].

3.2. Анализ добавленной потребительской ценности и ее соотношение с добавленной стоимостью. Действия, добавляющие небольшую ценность при высокой их стоимости, или не добавляющие ценности подвергают дальнейшему анализу с целью оптимизации затрат [3, 10].

3.3. Диаграмма Парето. Позволяет реализовать закон Парето, согласно которому 20% факторов являются причиной 80 % всех проблем. Целью диаграммы Парето является выявление наиболее значимых факторов, вызывающих проблемы. Сама диаграмма Парето представляет собой столбчатую диаграмму, где по оси абсцисс указываются факторы, вызывающие проблемную ситуацию, а по оси ординат – их числовые характеристики [11, 12].

3.4. Гистограммы распределения частот. Метод используется для выявления частот вариаций затрачиваемых ресурсов (времени, материальных ресурсов) на выполнение одного и того

же бизнес-процесса или его структурного элемента.

3.5. Полигон распределения частот. Применяется для отслеживания возникновения проблемных ситуаций во времени.

3.6. Диаграмма рассеяния. Позволяет выявить уровень корреляции между факторным и результативным параметрами [1, 13].

3.7. Корреляционно-регрессионный анализ.

4. Методы реализации управленческих решений:

4.1. Методы управления проектами (диаграмма Ганта).

4.2. Сетевое планирование и управление.

4.3. Анализ причин и последствий отказов («FMEA»). Целью метода является превентивный поиск возможных проблем и подсчет убытков в случае наступления негативных событий. Позволяет выявить слабые места производственных процессов [14].

4.4. Анализ интересов участников процесса модификации производства. Позволяет минимизировать сопротивление изменениям коллектива и управленцев.

4.5. Соотношение факторов способствующих и препятствующих изменениям. Реализуется в форме таблицы, включающей два столбца со способствующими и препятствующими факторами. Данный метод в литературе называется «диаграмма поля сил».

4.6. Сбалансированная система показателей. Метод позволяет устанавливать плановые параметры процессов и отслеживать их фактические значения [14, 15].

Преимуществами методологии являются: а) возможность стандартизировать результаты технологических операций и повысить качество продукции; б) низкие затраты на внедрение методологии; в) повышение надежности производственной системы в целом; г) возможность оптимального сочетания методологии «Шесть сигм» с другой методологией управления производственными бизнес-процессами «Бережливое производство». Методология «Бережливое производство» анализирует поток создания ценности для потребителя в рамках производственных процессов и минимизирует все виды потерь, а «Шесть сигм» акцентирует внимание на стабильное получение необходимых результатов технологических операций и минимизации технологического брака.

Недостатками методологии являются: а) необходимость специальной подготовки сотрудников из групп внедрения в области статистики и математики; б) узость предмета исследования методологии (акцентирование внима-

ния только на технологических операциях); в) ориентированность применения методологии преимущественно на сферу промышленности.

Выводы. На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Методология «Шесть сигм» является клиентоориентированной, ее целью является повышение качества производимой продукции. Достижение цели осуществляется на основе стабилизации технологических операций основных бизнес-процессов. Также повышению качества продукции и снижению брака способствуют превентивный поиск слабых мест реализации технологических процессов и принятие по ним упреждающих управленческих решений.

2. Для достижения целей в рамках методологии используются следующие группы методов: методы генерации идей и структурирования информации, методы сбора данных, методы анализа информации и бизнес-процессов, методы реализации управленческих решений. Значительная доля применяемых методов базируются на математическом и статистическом аппаратах, а также современных достижениях управленческой науки.

3. Методология акцентирует внимание управленцев на анализе, уменьшении уровня брака и повышении качества наиболее затратных бизнес-процессов предприятия.

4. Методология «Шесть сигм» оптимальным образом дополняет другую распространенную методологию процессного управления «Бережливое производство». По этой причине в научной литературе часто встречается комбинированная система процессного управления производственными процессами «Бережливое производство плюс шесть сигм».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Майкл Л. Джордж. Бережливое производство плюс шесть сигм в сфере услуг. Как скорость бережливого производства и качество шести сигм помогают совершенствованию бизнеса. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. 464 с.

2. Питер С. Пэнди, Роберт П. Ньюмен, Роланд Р. Кэвенег. Курс на Шесть Сигм. Как General Electric, Motorola и другие ведущие

компании мира совершенствуют свое мастерство. М.: Лори, 2014. 400 с.

3. Эрл Нойманн, Стивен Х. Хойсингтон. Качество на уровне Шесть Сигма. М.: Баланс-Клуб, 2004. 440 с.

4. Роберт П. Ньюман, Роланд Р. Кэвенег. Путь Шести сигм: практическое руководство для команды внедрения. М.: Компания p.m.Office, 2005. 424 с.

5. Грег Брю. Шесть сигм для менеджеров. М.: Гранд, 2004. 272 с.

6. Ларри Холп, Петер С. Пэнди. Что такое "Шесть сигм"? Революционный метод управления качеством. М.: Альпина Паблишер, 2006. 158 с.

7. Казинцев А.В. Шесть Сигм в России. Методика снижения потерь, дефектов, издержек. М.: Типография "Новости", 2009. 368 с.

8. Томас Голдсби, Роберт Мартиченко. Бережливое производство и 6 сигм в логистике. Руководство по оптимизации логистических процессов. М.: Гревцов Паблишер, 2009. 416 с.

9. Майкл Л. Джордж. Бережливое производство + шесть сигм. Комбинируя качество шести сигм со скоростью бережливого производства. М.: Альпина Паблишер, 2007. 368 с.

10. Eckes, George. Six Sigma Team Dynamics: The Elusive Key to Project Success. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003. 262 p.

11. Pyzdek, Thomas. The Six Sigma Project Planner: A Step-by-Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC. N. Y.: McGraw-Hill, 2003. 305 p.

12. Майкл Хэрри, Ричард Шредер. 6 SIGMA Концепция идеального менеджмента. М.: Эксмо, 2003. 464 с.

13. Джеф Кокс, Ди Джейкоб, Сьюзан Берг-ланд. Новая цель. Как объединить бережливое производство, шесть сигм и теорию ограничений. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. 400 с.

14. Ватсон Г. Методология Шесть сигм для лидеров, или как достичь 3, 4 дефекта на миллион возможностей. М.: РИА «Стандарты и качество», 2006. 224 с.

15. Рамперсад Х., Эль-Хомси А. TPS-Lean Six Sigma. Новый подход к созданию высокоэффективной компании. М.: РИА "Стандарты и качество", 2009. 416 с.

Karamyshev A.N., Kazaeva M.S., Abrosimova E.V., Fedorov D.F.

ANALYSIS OF «SIX SIGMA» PROCESS MANAGEMENT METHODOLOGY

"Six Sigma" process management methodology is one of the most common methodologies of the process management, its methods and best practice are applied by the leading transnational corporations, and which largely determine their competitiveness. "Six Sigma" methodology focuses on manufacturing operations within direct business processes in order to improve the quality of the product manufactured and minimize the scrap. These goals are achieved by stabilizing the results of manufacturing operations based on specific management principles, as well as mathematical and statistical methods. The article describes principles

and basic methods of "Six Sigma" methodology, its advantages and disadvantages, as well as peculiarities of its application.

Key words: *process-based management, Six Sigma, industry, management philosophy, machine building.*

Карамышев Антон Николаевич, кандидат экономических наук, доцент
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, 423812, д. 68/19
E-mail: antonkar2005@yandex.ru

Казаева Мария Сергеевна, студент
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, 423812, д. 68/19
E-mail: masynya14@mail.ru

Абросимова Екатерина Валерьевна, преподаватель
Набережночелнинский колледж Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, 423812, д. 68/19
E-mail: k.abrosimova.93@inbox.ru

Федоров Дмитрий Федорович, преподаватель
Набережночелнинский институт Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423826, Набережные Челны, 423812, д. 68/19
E-mail: fedoroff.dmitrij@yandex.ru

DOI: 10.12737/article_58e61338bd15c4.74680003

*Митрофанов С.В., канд. экон. наук, доц.**Санкт-Петербургский Университет технологий управления и экономики**Данилова Т.В., канд. пед. наук, доц.**Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС РФ**Митрофанова Л.А., канд. хим. наук, доц., директор представительства**Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС РФ**в г. Выборге**Северин Н.Н., д-р педагог. наук, проф.,**Радюцкий В.Ю., канд. техн. наук, доц.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СФЕРЫ ТУРИЗМА

zchs@intbel.ru

Исследование логики современного развития сферы туризма демонстрирует, чаще всего, узко-отраслевой подход с позиции развития туристского потенциала определенной территории. Однако без комплексной оценки планируемого развития других важнейших отраслей экономики территории происходит некоторая недооценка роли туризма в социально-экономической жизни территории и, более того, определенная дискриминация отрасли при ранжировании приоритетов развития.

Актуальность исследования экономических аспектов развития сферы туризма несомненна, так как туризм принадлежит к наиболее значимым отраслям экономики, что требует эффективного управления с целью обеспечения должного развития территориальных и отраслевых хозяйственных комплексов, обеспечения роста бюджетных доходов, улучшения экологической ситуации, повышения занятости населения. Управление сферой туризма должно строиться на основе анализа его состояния, роли и специфики туризма в современных реалиях, правового обеспечения, влияния на социально-экономическое развитие территорий.

Ключевые слова: экономика, туризм, управление, регулирование, правовое развитие.

Одним из основных принципов государственного регулирования туристской деятельности [1] является то, что государство, признавая туристскую деятельность одной из приоритетных отраслей экономики Российской Федерации, содействует туристской деятельности и создает благоприятные условия для ее развития. Приоритетными направлениями государственного регулирования туристской деятельности на данный момент являются поддержка и развитие внутреннего, въездного, социального и самодельного туризма.

Государственное регулирование туристской деятельности в Российской Федерации осуществляется путем нормативного правового обеспечения сферы туризма. В данном исследовании оставим в стороне некоторые юридические аспекты, несмотря на их значимое влияние на экономику отрасли. Например, общеизвестны правовые коллизии в триаде «туроператор – турагент – турист» в отношении распределения прав и ответственности. Ситуация требует самостоятельного серьезного юридического исследования с передачей разработанных рекомендаций на федеральный уровень.

Государственная поддержка сферы туризма состоит также в разработке и реализации федеральных, отраслевых целевых и региональных программ развития туризма; в содействии в про-

движении туристского продукта на внутреннем и мировом туристских рынках через представительства уполномоченного Правительством Российской Федерации федерального органа исполнительной власти за пределами Российской Федерации. [2] Стабильность отрасли обеспечивают позитивные сдвиги в защите прав и интересов туристов, обеспечении их безопасности; в содействии кадровому обеспечению в сфере туризма; развитию сети оказания государственных услуг в сфере туризма.

В современных реалиях «создание благоприятных условий для развития туристской индустрии» означает возможность создания туристско-рекреационных особых экономических зон, которые при должном уровне развития могут войти в туристский кластер территории и впоследствии напрямую влиять на экономику региона. Для Северо-Западного федерального округа и, особенно, для приграничной части Ленинградской области данная возможность открывает большие перспективы, так как в указанной зоне находятся (помимо природных ресурсов - обширных лесных массивов, островов с их рыбными, ягодными, грибными запасами) практически неэксплуатируемые бывшие базы отдыха, детские лагеря с достаточно хорошо сохранившейся инфраструктурой.

Возможность создания туристско-рекреационной особой экономической зоны может стать реальностью, если произвести инициирование этой идеи, подкрепив ее бизнес-планом, соответствующим критериям оценки экспертным советом [3]. Критерии оценки бизнес-плана экспертным советом по туристско-рекреационным особым экономическим зонам учитывают цели и направления предполагаемой туристской деятельности, степень финансовой устойчивости, срок окупаемости, наличие инфраструктуры, уровень проработки маркетинговой стратегии и механизма продвижения разрабатываемого турпродукта.

Наиболее важным критерием является возможность достижения положительного социально-экономического эффекта, связанного с реализацией бизнес-плана. Имеется в виду создание новых рабочих мест, увеличение объема производства товаров, выполняемых работ, оказываемых туристам услуг в субъекте Российской Федерации, на территории которого создана особая экономическая зона, и налоговых отчислений в бюджеты всех уровней. Не остается без внимания экспертного совета экологическая эффективность предложений бизнес-плана, опыт заявителя в реализации подобных видов деятельности.

Бизнес-план в обязательном порядке должен содержать расчет прогнозируемой величины туристического потока в особую экономическую зону (рассчитывается в порядке, предусмотренном [4]). Обязательно также указание по обеспеченности территории особой экономической зоны объектами инженерной, транспортной, социальной, иных туристских инфраструктур и их фактическое состояние.

Расчет социо-эколого-экономического эффекта должен включать оценку количества вновь создаваемых рабочих мест; оценку воздействия на окружающую среду особой экономической зоны; оценку стоимости затрат на развитие инженерной, транспортной, социальной и иных инфраструктур особой экономической зоны; планируемые объемы внебюджетных инвестиций.

Законодателем установлен круг субъектов, которые могут инициировать рассмотрение вопроса о создании особой экономической зоны на конкретной территории. Заявка на создание особой экономической зоны может быть подана высшим исполнительным органом государственной власти субъекта Российской Федерации или нескольких субъектов Российской Федерации. Заявка может также быть подана совместно с исполнительно-распорядительным органом одного муниципального образования или

исполнительно-распорядительными органами нескольких муниципальных образований. Это зависит от административного деления территории, на которой планируется создание особой экономической зоны. Для административного устройства Ленинградской области подходят оба варианта.

Исполнительно-распорядительный орган муниципального образования (в лице главы местной администрации) наделяется уставом муниципального образования полномочиями по решению вопросов местного значения и полномочиями для осуществления отдельных государственных полномочий, переданных органам местного самоуправления федеральными законами и законами субъектов Российской Федерации. Заявка на создание особой экономической зоны подается в уполномоченный Правительством РФ федеральный орган исполнительной власти, в настоящее время это Министерство экономического развития РФ.

В соответствии с [5] Минэкономразвития осуществляет функции организатора конкурса по отбору заявок на создание особых экономических зон. Заявка должна содержать обоснование целесообразности и эффективности создания особой экономической зоны для решения задач федерального, регионального, местного значения. Что касается порядка оформления и подачи заявки, то снова возникают юридические коллизии. Несмотря на то, что с января 2012 г. Минэкономразвития исключило требование о конкурсном порядке создания особой экономической зоны, все подзаконные акты устанавливают конкурсный порядок.

Обязательный конкурсный порядок прописан в Положении [6] Законодатель относит вопрос о форме и содержании заявок на усмотрение органов исполнительной власти, однако отдельные особые требования к заявке на создание особой экономической зоны существуют. Они касаются объектов инфраструктуры и к заявке на создание особой экономической зоны должно быть приложено в письменной форме согласие владельца (владельцев) объектов инфраструктуры, находящихся на территории, предназначенной для создания объектов особой экономической зоны. Согласие собственников объектов инфраструктуры является безотзывным и действительно весь срок существования особой экономической зоны.

Итак, если бизнес-план прошел экспертную проверку, составлена и принята заявка, то следующим необходимым условием создания особой экономической зоны является заключение соглашения о создании особой экономической зоны между Правительством РФ, высшим ис-

полнительным органом государственной власти субъекта Российской Федерации и исполнительно-распорядительными органами муниципальных образований, на территории которых создается особая экономическая зона. Соглашение заключается в течение 30 дней с момента принятия решения о создании особой экономической зоны соответствующим Постановлением Правительства РФ. Общий срок на разработку бизнес-плана, заявки и соглашения крайне незначительный по сравнению с периодом простаивания объектов и инфраструктурных сооружений создаваемой особой экономической зоны.

Соглашение должно содержать три группы условий [7]:

- организационные (включаются обязательства исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации и обязательства органов местного самоуправления по передаче Минэкономразвития полномочий по управлению и распоряжению земельными участками и другими объектами недвижимости, расположенными в границах особой экономической зоны, на срок ее существования);

- финансовые (порядок финансирования, план обустройства и материально-технического оснащения особой экономической зоны и прилегающей к ней территории);

- территориальное устройство особой экономической зоны.

Следует подчеркнуть, что установлен срок в 49 лет на существование особой экономической зоны, который не может быть продлен, однако досрочное прекращение существования особой экономической зоны законодательно предусмотрено. Длительный срок установлен с учетом сроков амортизации окупаемости вложений инвесторов, морального устаревания производственных объектов и элементов инфраструктуры, а также полного жизненного цикла объектов, предусматривающего последующую утилизацию. Случаи досрочного прекращения существования особой экономической зоны обусловлены фактической неэффективностью ее функционирования.

С другой стороны, при эффективном функционировании особой экономической зоны возможно включение ее в туристский кластер, а это уже иные перспективы развития. Например, согласно Постановления Правительства РФ от 27 декабря 2012 г. № 1434 [8], в соответствии с Федеральным законом "Об особых экономических зонах в Российской Федерации" Правительство Российской Федерации постановило включить особую экономическую зону туристско-рекреационного типа на территории Ставропольского края, созданную постановлением

Правительства Российской Федерации от 3 февраля 2007 г. № 71 "О создании на территории Ставропольского края особой экономической зоны туристско-рекреационного типа", в состав туристического кластера, предусмотренного постановлением Правительства Российской Федерации от 14 октября 2010 г. № 833 "О создании туристического кластера в Северо-Кавказском федеральном округе, Краснодарском крае и Республике Адыгея".

Важнейшим условием создания особой экономической зоны является ее финансовое обеспечение. Законодателем установлен порядок финансирования создания объектов инфраструктуры на территории особой экономической зоны из средств бюджетов всех уровней. При заключении соглашения о создании особой экономической зоны государство в лице федеральных органов власти и органов власти субъектов Российской Федерации может принять на себя не только обязательства по осуществлению административно-организационных мер поддержки резидентов особой экономической зоны, но и по финансовому обеспечению создания объектов инфраструктуры особой экономической зоны. Финансирование производится в интересах, как резидентов особой экономической зоны, так и территории в целом.

Общий порядок финансирования закреплен в Бюджетном Кодексе Российской Федерации. Для туристско-рекреационной особой экономической зоны возможно:

- предоставление на безвозмездной и безвозвратной основе субсидий юридическим лицам в порядке возмещения произведенных ими затрат на цели особой экономической зоны;

- бюджетные инвестиции в объекты капитального строительства государственной или муниципальной собственности в форме капитальных вложений в основные средства государственных (муниципальных) учреждений и государственных (муниципальных) унитарных предприятий на основании специальных нормативных правовых актов Правительства РФ, высшего исполнительного органа государственной власти субъекта Российской Федерации, местной администрации;

Следует отметить, что объекты, на создание которых выделяются инвестиции, поступают в государственную собственность, хотя могут передаваться в управление юридических лиц, не являющихся государственными учреждениями или унитарными предприятиями.

- бюджетные инвестиции юридическим лицам, не являющимся государственными или муниципальными учреждениями, унитарными предприятиями;

- бюджетный кредит на условиях возмездности и возвратности юридическим лицам, не имеющим просроченной задолженности перед соответствующим бюджетом и по обязательным платежам в бюджетную систему Российской Федерации;

- государственная гарантия на условиях полного обеспечения обязательства.

При полной доказанности социально-экономического эффекта от создания туристско-рекреационной особой экономической зоны возможно включение в целевую программу и получение финансовой поддержки на этой основе. Инструментами государственного финансирования могут также являться инвестиционный фонд Российской Федерации и Банк Развития. Инвестиционный фонд Российской Федерации - часть средств федерального бюджета, подлежащая использованию в целях реализации инвестиционных проектов, осуществляемых на принципах государственно-частного партнерства.

Итак, законодателем предусмотрены многие возможности получения финансовой поддержки при создании туристско-рекреационной особой экономической зоны. Важна доказанность возможности решения приоритетных задач в области государственного, экономического, экологического, социального и культурного развития территории. Более того, дополнительным способом получения бюджетного финансирования может стать внесение взноса в уставный капитал открытого акционерного общества, которое создано в целях реализации соглашений о создании особых экономических зон и 100% акций которого принадлежит Российской Федерации. Последующее финансирование создания объектов инфраструктуры особой экономической зоны осуществляется уже через ОАО "Особые экономические зоны".

Итак, проанализирована возможность создания туристско-рекреационной особой экономической зоны и источники финансирования. Однако успешное функционирование особой экономической зоны зависит от комплекса принимаемых управленческих решений и системы администрирования в целом. Уже говорилось, что в нашей стране на настоящий момент всеми вопросами разработки единой государственной политики в сфере создания и функционирования особых экономических зон и управления ими занимается Минэкономразвития. Недавнее реформирование российской модели особых экономических зон привело к созданию двухуровневой системы управления, от степени оптимизации распределения полномочий между федеральным и региональным уровнями зависит эф-

фективность функционирования и итоговые экономические результаты деятельности в туристско-рекреационной особой экономической зоне [9,10].

Таким образом, кроме управляющей компании ОАО "Особые экономические зоны", часть управленческих полномочий может делегироваться частным управляющим компаниям. Определен также порядок создания и функционирования наблюдательных советов по особым экономическим зонам. Наблюдательный совет курирует многие вопросы, вплоть до досрочного прекращения существования особой экономической зоны, но его указания носят рекомендательный характер. Управляющая компания наделяется реальными полномочиями по привлечению резидентов в особые экономические зоны; по созданию и обеспечению функционирования объектов инфраструктуры; созданию инвестиционных потоков, а также иными полномочиями, которые предусмотрены соглашением об управлении особой экономической зоной.

Практике создания управляющих компаний уже более 10 лет, но пока отмечается недостаточная эффективность функционирования многих из них: низкий процент привлекаемых инвестиций; отсутствие экономических расчетов потребности в создании инфраструктуры особых экономических зон и др. Видимо, следует оптимизировать механизм отбора юридических лиц, которые намерены приобрести статус управляющей компании в конкретной особой экономической зоне, либо в туристском кластере. На наш взгляд, важно также определиться с рядом юридических вопросов, которые помогут достигнуть должной эффективности функционирования особой экономической зоны.

Ну и наконец к вопросу правового положения резидентов особой экономической зоны. Этот вопрос кажется наиболее актуальным, так как кадровое обеспечение любой отрасли во многом определяет эффективность ее функционирования. За прошедшие два десятилетия российские вузы сформировали значительную армию специалистов для сферы туризма и индустрии гостеприимства. В связи с кардинальными изменениями двух последних лет (сокращение выездного туризма и пр.) не все выпускники могут трудоустроиться по специальности и организация особой экономической зоны могла стать выходом для них.

Резидентом туристско-рекреационной особой экономической зоны может быть юридическое лицо или индивидуальный предприниматель. Законодателем предусмотрены требования к претендентам на статус резидента особой эко-

номической зоны, это, прежде всего, государственная регистрация в качестве субъекта предпринимательской деятельности и соглашение о ведении предпринимательской деятельности на территории особой экономической зоны. Особый режим осуществления предпринимательской деятельности, устанавливаемый на территориях особых экономических зон, направлен на создание благоприятного инвестиционного климата на указанных территориях и состоит в предоставлении хозяйствующим субъектам различных льгот и гарантий. Льготный режим распространяется только на резидентов особой экономической зоны.

При организации особой экономической зоны под туристско-рекреационной деятельностью понимают деятельность по строительству, реконструкции и эксплуатации объектов туристской индустрии, объектов, предназначенных для санаторно-курортного лечения, медицинской реабилитации и отдыха граждан, туристская деятельность, деятельность по эксплуатации природных лечебных ресурсов, деятельность по санаторно-курортному лечению и профилактике заболеваний, медицинской реабилитации, организации отдыха граждан. Важно также, чтобы организация-претендент была зарегистрирована на территории муниципального образования, в границах которого расположена особая экономическая зона. Сведения о регистрации лица в качестве резидента особой экономической зоны передаются управляющей компанией в налоговый и таможенный органы.

Законодателем установлен заявительный порядок получения статуса резидента особой экономической зоны: для заключения соглашения о ведении деятельности организацией или индивидуальным предпринимателем, намеревающимися приобрести статус резидента особой экономической зоны, в Минэкономразвития России направляется соответствующая заявка. В заявку, помимо данных о планируемой деятельности, необходимом государственном имуществе и площади земельного участка, объеме капитальных вложений, в обязательном порядке включаются сведения о необходимых ресурсах для предоставлении энерго-, тепло-, газо- и водоснабжению хозяйствующих субъектов особой экономической зоны. К заявке прилагается бизнес-план, после проверки которого на соответствие законодательным требованиям Минэкономразвития России принимает конкретное решение.

В условиях экономического кризиса особенно важна государственная поддержка значимых для экономики территорий отраслей. Сфера туризма за короткий период перестроилась с

массового турпотока выездного туризма на внутренний и въездной туризм. Такой резкий поворот имеет экономическую подоплеку, важно и то, что произошел он на фоне общего снижения количества туристских прибытий во многих странах. Правительства многих европейских стран предприняли антикризисные меры с целью предотвращения падения бюджетообразующих туристских отраслей. Например, отличительной особенностью экономики Италии является высокая роль внутреннего туризма, но и в этой стране, начиная с 2009 года, отмечается уменьшение количества туристских прибытий [11].

В качестве антикризисных мер было создано Министерство туризма Италии, которое сосредоточило особое внимание на следующих направлениях:

- создание новой стратегии продвижения итальянского турпродукта;
- предоставление налоговых льгот и создание благоприятного финансового климата для малых и средних предприятий в сфере туризма, особенно в депрессивных районах.

Важной мерой по поддержке национального туризма является подписание протокола о намерениях, участниками которого стали крупнейшие отраслевые объединения предпринимателей Италии, а также основные банковские группы. Целью намерений является выделение дополнительных внебюджетных средств на развитие малых и средних предприятий, работающих в сфере въездного туризма, путем предоставления льготных условий кредитования и других форм поддержки. Предполагалось, что в результате осуществления этих мер, возможно, увеличение вклада туризма в национальный ВВП с 10 до 20 %. Позитивной, в том числе и для российской сферы туризма, является идея объединения банковских и туристских предприятий для поддержки отрасли.

В исследуемый сложный для туристской сферы период профессионализм кадров приобретает особое значение. Помимо профессиональных компетенций, необходимы знание правовой основы деятельности сферы туризма, креативность мышления для ориентирования в современных реалиях. Существует устойчивое мнение, что система подготовки кадров для сферы туризма требует дальнейшей модернизации. Но нельзя не отметить позитивные достижения последних лет – включение в Единый квалификационный справочник квалификационных характеристик должностей работников организаций сферы туризма, найден алгоритм совместной деятельности Ростуризма и системы российского образования. Создан Ресурсный центр подго-

товки и повышения квалификации кадров для индустрии туризма и сервиса, что особенно важно при создании особых экономических зон.

Идея непрерывного образования через всю жизнь индивида витает с момента осознания Болонской образовательной системы. Есть разработки Агентства стратегических инициатив по созданию национальной системы компетенций и квалификаций, можно обратиться к этому опыту. В Государственной программе развития образования на 2013–2020 годы говорится, что "одной из центральных проблем является превращение учебно-методических объединений в реально действующие и работающие на развитие профессионального образования общественно-государственные и общественные профессиональные объединения и сообщества с участием работодателей. Вузы будут принимать активное участие в разработке профессиональных стандартов и образовательных программ, учитывающих требования рынка труда".

Общеизвестны изменения в системе высшего образования, термин «профессиональное» в настоящее время исключен. В этой ситуации требовать от вузов «активного участия в подготовке высокопрофессиональных кадров» несколько затруднительно, скорее всего, перед ними будут поставлены иные задачи. А вот в качестве резидентов особых экономических зон могли бы быть образовательные организации, на месте осуществляющие все виды профессиональной подготовки кадров без отрыва от основной деятельности.

С чем следует согласиться, так это с системой оценки и сертификации квалификаций в сфере туризма и индустрии гостеприимства. На наш взгляд, сертификация должна быть централизована, проходить под эгидой Ресурсного центра. Современный рынок труда характеризуется значительной долей активного в трудовом отношении населения предпенсионного и постпенсионного возраста. Грамотный подход к этой ситуации позволит превратить эту часть населения в кадровый ресурс, требующий дополнительной подготовки.

Пока в Российской Федерации доля экономически активного населения, участвующего в непрерывном образовании, в настоящее время составляет порядка 20 %. Напротив, большинство стран Евросоюза смогли обеспечить массовое участие взрослого населения в программах обучения, доля населения, участвующего в дополнительном профессиональном образовании, достигает у них 60 %. При существующем уровне безработицы, кадровой политике частных предприятий данная система будет полезна и для других возрастных категорий.

Все аспекты данного исследования:

- инициирование создания особой экономической зоны туристско-рекреационного типа;
- определение источников финансового обеспечения ее функционирования;
- необходимость дальнейшего совершенствования правового регулирования сферы туризма, особенно при создании особых экономических зон;
- меры преодоления кризисной ситуации в отрасли;
- вопросы кадрового обеспечения сферы туризма

направлены на повышение эффективности функционирования туристской отрасли с целью обеспечения стабильного устойчивого развития территорий и регионов Российской Федерации. Особенно важен факт совместного стремления к указанным целям образовательного и научного сообществ, бизнес-структур, Минэкономразвития и Ростуризма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 3 мая 2012 г. N 47-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об основах туристской деятельности в Российской Федерации" и отдельные законодательные акты Российской Федерации" (в ред. Федерального закона от 23.07.2013 N 249-ФЗ)
2. Федеральный закон "Об основах туристской деятельности в Российской Федерации" от 24.11.1996 N 132-ФЗ.(в ред. от 03.05.2012 N 47-ФЗ)
3. Приказ Министерства экономического развития РФ от 2 ноября 2012 г. N 712 "Об утверждении критериев оценки бизнес-планов экспертным советом по технико-внедренческим особым экономическим зонам и внесении изменений в отдельные приказы Минэкономразвития России"
4. Приказ Федерального агентства по туризму от 18 июля 2007 г. N 69 "Об утверждении Порядка определения внутреннего туристского потока в Российской Федерации и о вкладе туризма в экономику субъектов Российской Федерации".
5. Положение о Министерстве экономического развития РФ, утв. Постановлением Правительства РФ от 5 июня 2008 г. N 437 в ред. от 26 декабря 2011 года.
6. Положение о проведении конкурса по отбору заявок на создание особых экономических зон, утв. Постановлением Правительства РФ от 13 сентября 2005 г. N 563.
7. Приказ Министерства экономического развития РФ от 21 января 2010 г. N 20 "Об утверждении типовой формы соглашения с

субъектом Российской Федерации о делегировании отдельных полномочий по управлению особой экономической зоной".

8. Постановление Правительства РФ от 27 декабря 2012 г. № 1434 «О включении особой экономической зоны туристско-рекреационного типа на территории Ставропольского края в состав туристического кластера, предусмотренного Постановлением Правительства РФ от 14 октября 2010 г. № 833.

9. Рыбаков С. А. Реформирование российской модели особых экономических зон: правовые инструменты и перспективы //Право и экономика. 2010. № 10. С. 18–21.

10. Приказ Минэкономразвития России от 29 июня 2010 г. N 260 "О порядке передачи отдельных полномочий по управлению особыми экономическими зонами организациям управления".

11. «<http://tourlib.net/>»:Все о туризме - образовательный туристический портал 2002-2016.[Электронный ресурс]. – Отчеты Всемир-

ной туристской организации. Журнал "Туристический барометр" /UNWTO World Tourism Barometer, April 2010, Interim Update of World Tourism Barometer of January 2010. – Режим доступа: http://tourlib.net/wto/UNWTO_Barometer_2010_01upd.pdf (дата обращения: 18.10.2016).

12.Галимов И.А. Кризис и развитие предпринимательских структур проблемы формирования системы устойчивого развития предпринимательских структур в условиях кризиса // Российское предпринимательство. 2009. №4. С. 46–50.

13.Новиков В.С. Инновации в туризме: Учебное пособие для вузов. М.: ИЦ Академия, 2007.

14.Дмитриев М.Н., Забаева М.Н. Экономика и предпринимательство в социально-культурном сервисе и туризме. М., 2006. С.60–69.

15.Новиков В.С. Инновации в туризме: Учебное пособие для вузов. М.: ИЦ Академия, 2007. С.22.

Mitrofanov S.V., Danilova T.V., Mitrofanova L.A., Severin N.N., Radoutskiy V.Yu.

ECONOMIC ASPECTS OF TOURISM DEVELOPMENT

The study of modern logic, tourism development shows, most often, a sectoral approach from the perspective of the development of the tourist potential of a certain area. However, without a comprehensive assessment of the planned development of other vital sectors of the economy the territory there is some underestimation of the role of tourism in socio-economic life of the area and, moreover, some discrimination industry in the ranking of priorities.

The relevance of the study of economic aspects of the development of tourism is undeniable, since tourism is among the most important sectors of the economy that requires effective management to ensure the proper development of territorial and sectoral economic complexes, ensure budget revenue growth, improving the environment, increasing employment. Tourism management area should be based on an analysis of its status, the role and the specificity of tourism in today's realities, legal provision, the impact on the socio-economic development of territories.

Key words: *economy; tourism; control; regulation; legal development.*

Данилова Татьяна Викторовна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры управление и интегрированные маркетинговые коммуникации.

Санкт-Петербургской университет ГПС МЧС России

Адрес: 190103, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр. 44.

E-mail: tatidan@yandex.ru

Митрофанов Сергей Владимирович, кандидат экономических наук, доцент кафедры предпринимательства и туризма, института гуманитарных и социальных наук, Санкт-Петербургский Университет технологий управления и экономики.

Адрес: 196105 Санкт-Петербург, Московский пр. 149.

E-mail: msv.wk@yandex.ru

Митрофанова Лидия Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры Сервис безопасности Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС РФ в г. Выборге

Адрес: 196105 Санкт-Петербург, Московский пр. 149.

E-mail: edelweise@list.ru

Северин Николай Николаевич, доктор педагогических наук, профессор кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: zchs@intbel.ru

Радюцкий Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: zchs@intbel.ru

Сулейманова А.В., менеджер
ООО Холдинговая компания «Башибетон»

МЕХАНИЗМ ВЗИМАНИЯ АРЕНДНОЙ ПЛАТЫ В ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ ГОРОД УФА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Al.Suleimanova@yandex.ru

В статье приведена сложившаяся система арендных отношений в городском округе город Уфа Республики Башкортостан. Рассмотрена методика расчета арендной платы. Проанализированы основные проблемы, возникающие при построении арендных отношений, а также определены возможные тенденции и их влияние на дальнейшее совершенствование взимания доходов от использования земельных ресурсов.

Ключевые слова: аренда земли, арендная плата за землю, методика расчета арендной платы, администратор доходов, договор аренды.

В структуре неналоговых доходов бюджета городского округа город Уфа Республики Башкортостан (далее – ГО г. Уфа) поступления от использования и реализации имущества составляют основную часть «собственных» доходов. Земля является основным экономическим и инвестиционным ресурсом муниципалитетов, который формирует доходный потенциал поступления налоговых и неналоговых доходов городского бюджета.

Анализ доходов от использования земли, проведенный за период с 2006 по 2015 гг. свидетельствует, что арендная плата за землю является

главным источником доходов бюджета ГО г. Уфа и формируют 17 % собственных доходов бюджета.

В 2015 году в бюджет города мобилизовано арендных платежей в объеме 1 979 634, 97 тыс. рублей, что в 1,8 раза превышает показатели 2007 года и в 1,1 раза – 2014 года [7–15]. Данный показатель имеет устойчивую динамику к росту (рис. 1).

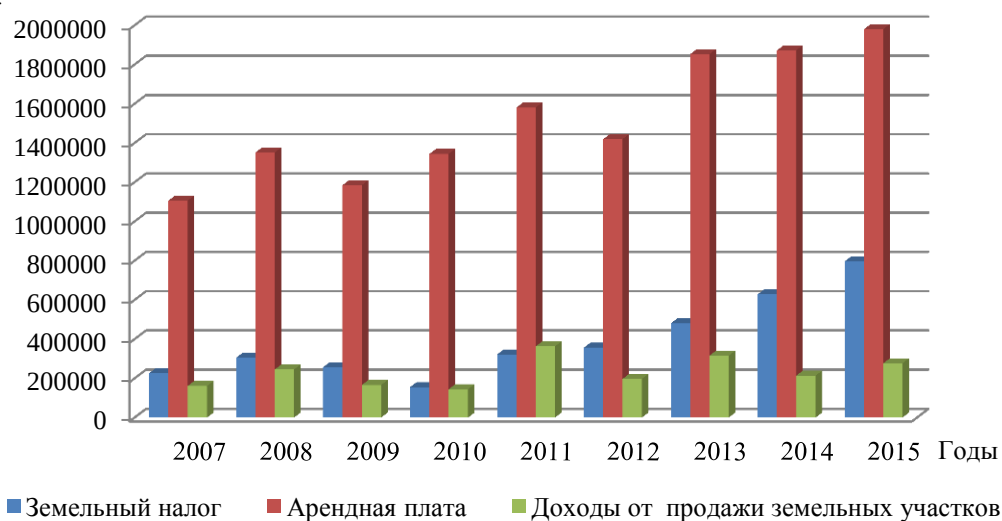


Рис. 1. Динамика поступлений земельных платежей в бюджет городского округа город Уфа Республики Башкортостан за 2007-2015 годы

Традиционно аренда земли рассматривается, как форма землепользования, при которой собственник земли за определенное вознаграждение передает свой земельный участок на определенный срок другому лицу (арендатору) для использования его по целевому назначению [24].

Арендная плата – это вознаграждение, получаемое арендодателем за предоставление во временное пользование земельного участка. Она

является отражением изъятия земельной ренты в пользу государства, основным источником пополнения бюджета, особенно местного. Непосредственно, включает в себя три составляющих: саму земельную ренту, процент капитала, вложенный за землю, а также амортизацию этого капитала.

Аренда земли может характеризоваться по нескольким признакам:

1. срочность: аренда – право, действующее определенный период времени, определяемой в договоре аренды (в отличие от бессрочных прав, таких как собственность и постоянное (бессрочное) пользование);

2. платность, то есть возмездность арендных отношений (плата выплачивается арендодателю земли);

3. возвратность (арендованное имущество, арендованный земельный участок должен быть возвращен арендодателю, то есть собственнику);

4. неизменность целевого назначения земельного участка (земля может быть предоставлена в пользование на условиях аренды под определенные цели использования) [23].

Данные признаки можно дополнить следующим: договорной формой пользования земельным участком, то есть независимо от срока пользования земельным участком в обязатель-

ном порядке заключается договор аренды; целевое использование земель.

Аренда занимает весомое место в реализации принципа платности землепользования. В свою очередь, аренда может являться некоторым регулятором в области рационализации использования земельных ресурсов. Это подтверждает один из методов реализации управленческих решений в области управления земельными ресурсами – экономического метода, который подразумевает создание экономических условий, обеспечивающих выполнение различных государственных задач и приоритетов в области управления земельными ресурсами [25].

В ГО г. Уфа складывается тенденция интенсивного развития арендных отношений. Об этом свидетельствуют следующие данные. В 2015 году в городе Уфа действовало 19 218 договоров аренды земельных участков на общей площади 9,2 тыс. га (рис.2).

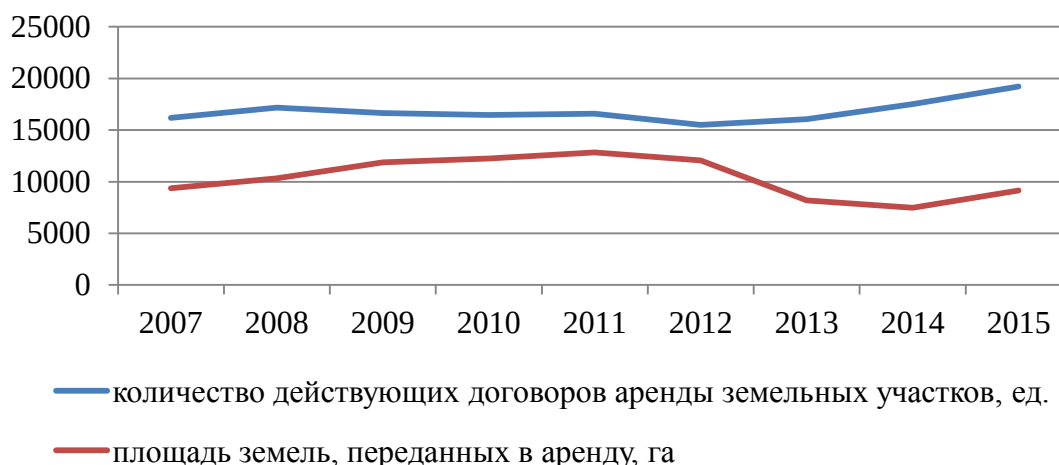


Рис. 2. Аренда земель, находящихся в распоряжении городского округа город Уфа

Участие земли в экономическом обороте и получение дохода, способом предоставления земель в аренду, экономически наиболее оправданы в регионах с развитой рыночной экономикой при высоком уровне спроса и предложения на земельные участки. На сегодняшний день самым эффективным видом землепользования в городе Уфе считается аренда. Доходный потенциал данного показателя в городе достаточно реализован. Так, если за 2015 год в бюджет города поступление от арендной платы за землю составило 1 979 635 тыс. руб., то в соседних городах-миллионерах сумма, поступившая по указанному виду доходов, намного ниже: в г. Красноярск – 1 336 727 тыс. руб. (в 1,5 раз); г. Казань – 1 235 593 тыс. руб. (в 1,6 раз); Нижний Новгород – 1 122 128 тыс. руб. (1,8 раз); г. Ростов-на-Дону – 1 054 031 тыс. руб. (1,9 раз); г. Волгоград – 926 084,80 тыс. руб. (в 2,14 раз); г. Самара – 820 530 тыс. руб. (в 2,4 раза); г. Пермь – 685 768 тыс. руб. (в 2,89 раз) [15-22].

Таким образом, арендные отношения приобретают особую актуальность. Выбор землепользователей в пользу аренды сделан с учетом возможности реализовывать свои интересы и эффективно хозяйствовать на земельном участке, стимулируя в дальнейшем оформить право собственности.

Арендные отношения и их правовое регулирование устанавливаются положениями гражданского и земельного законодательства. Общие правила определения арендной платы при аренде земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, установлены Правительством Российской Федерации. Отношения по аренде муниципальной собственности регулируются органами местного самоуправления.

Порядок, условия и сроки внесения арендной платы за земельные участки определяются договорами аренды земельных участков, заключенными между арендодателем и арендатором.

В договоре четко закрепляются основные положения, затрагивающие объекты и субъекты отношений, ответственность сторон и ежегодный размер платежей.

В настоящее время специфика установления и взимания арендных платежей за землю может различаться в следующих аспектах:

- в подходах определения базы для исчисления арендной платы;
- в установлении ставок арендной платы
- в предоставлении площади в зависимости от вида функционального использования;
- в предоставлении преференций;
- в порядке применения штрафных санкций при несоблюдении условий договора;

- в установлении сроков оплаты арендной платы.

Первостепенными условиями договора аренды земельного участка являются данные об объекте аренды. Объект аренды характеризует весь земельный участок с его инфраструктурой, содержащей полную информацию о нем. Поэтому базовым источником формирования инфраструктуры земельного рынка выступает государственный кадастр недвижимости.

Ключевым аспектом арендных отношений выступает методика определения арендной платы за землю. В настоящее время в ГО г. Уфа и в Республике Башкортостан методика расчета арендной платы за земельные участки основана на двух подходах (рис. 3) [6].

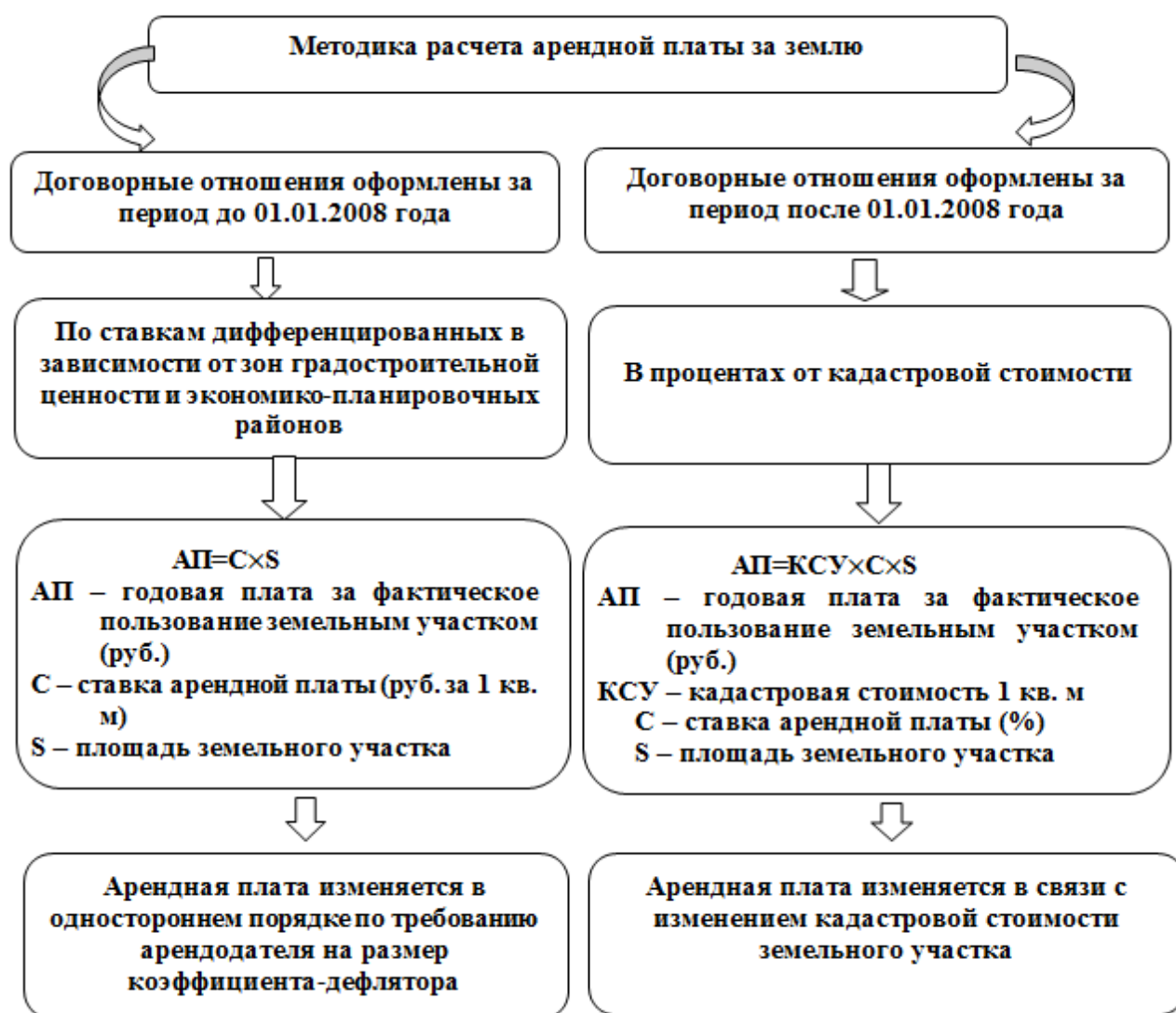


Рис. 3. Методики расчета арендной платы за землю в ГО г. Уфа

Первый подход заключается в установлении размера арендной платы на основании средней ставки арендной платы, дифференцированной с учетом территориально-экономической зоны в соответствии с градо-

строительным регламентом. Второй, характеризуется определением арендной платы в процентах от кадастровой стоимости по видам разрешенного использования земель.

Двойственность методик, применяемых в целях исчисления арендной платы, на практике проявляет потенциальную противоречивость. В этой связи актуальным является изложение недостатков действующей системы.

При реализации первой методики базовые ставки устанавливаются в рублях за один квадратный метр с применением ежегодного коэффициента инфляции, учитываемого в нормах бюджетного законодательства и содержащиеся в законах о федеральном бюджете на соответствующий год.

При этом, если по заключенным договорам аренды земельных участков до 1 января 2008 года, предназначенных для эксплуатации (обслуживания) индивидуального жилого дома и надворных построек, индивидуальных подземных погребов, ведения садоводства и индивидуального огородничества, для эксплуатации индивидуального капитального гаража и металлического гаража, применяется льгота установленная в фиксированном размере 17,42 руб. в год за земельный участок, то противоположная ситуация складывается по договорам аренды, заключенным после 01.01.2008 года. Здесь при расчете арендной платы используется понижающий коэффициент в размере 0,1 и 0,5. Аprobация данных позволяет увидеть, как применение разных методик приводит к ослаблению поступления средств от уплаты арендной платы.

На сегодняшний день, при отсутствии единого методологического подхода определения размера арендной платы, обе методики имеют право на существование. Помимо сказанного, часть 5 статьи 65 Земельного кодекса Российской Федерации носит рекомендательный характер в применении кадастровой стоимости земельного участка для определения арендной платы за земельный участок, находящийся в государственной или муниципальной собственности [2]. Советом городского округа город Уфа предусмотрен переход на установление арендной платы земельного участка от кадастровой стоимости земли, в случае поступления письменного обращения от арендатора [6].

По мнению автора, можно привести следующий аргумент: при исчислении арендной платы за землю необходимо опираться на конкретную теоретическую базу. И такой базой должна быть кадастровая стоимость земельного участка. Данная модель построения арендных отношений с одной стороны, позволяет отразить реальную стоимость земельных участков, с другой, обеспечить сбалансированность в субъектах.

Размер арендной платы является существенным условием договора аренды земельно-

го участка. Арендная плата по оформленным договорам аренды изменяется не чаще одного раза в год в случаях, установленных законодательством Российской Федерации, в том числе с учетом прогнозируемого уровня инфляции, предусмотренного федеральным законом о бюджете на соответствующий финансовый год и при изменении коэффициентов, применяемых для расчета арендной платы [5].

Современные условия экономического развития страны требуют дальнейшего совершенствования регулирования арендных отношений. Прежде всего, речь идет, об изменении порядка расчета арендной платы. Назрела необходимость расчета арендной платы, произведенный в процентах от кадастровой стоимости, установить на весь срок сдачи земельного участка в аренду. Кадастровая оценка земли проводится один раз в пять лет, процентные ставки также должны оставаться без изменения и привязываться к этому сроку. Такой подход, по мнению автора, должен привести к следующим результатам:

- способствовать землепользователю планировать деятельность на долгосрочную перспективу;
- предоставит возможность арендатору за планировать расходы и своевременно осуществлять платежи в бюджет;
- улучшит методы взаимодействия арендодателя и арендатора;
- позволит принять объективные ставки по арендным платежам;
- освободит от рутины задолженности по арендным платежам перед консолидированным бюджетом.

Следующим звеном, требующего внимания, являются сроки внесения арендной платы за пользование земельным участком. Расчет арендной платы в городе Уфе устанавливается договором аренды земельного участка на год с ежемесячной разбивкой и перечисляется ежемесячно не позднее 10 числа текущего месяца.

По нашему мнению, установление ежемесячного срока оплаты для арендаторов, являющихся физическими лицами, не осуществляющих предпринимательскую деятельность, не целесообразно. В целях удобства осуществления платежей для данной категории плательщиков, предлагаем установить единовременный платеж в указанные сроки, закрепить нормативным правовым актом органами местного самоуправления. Реализация указанной меры создаст стимулы для арендатора – своевременно перечислять платежи, для арендодателя – снижение задолженности бюджета.

Договор аренды недвижимого имущества, заключенный на срок более одного года, подлежит государственной регистрации [1]. Серьезным правонарушением, можно считать, отсутствие оговоренных сроков государственной регистрации объектов недвижимого имущества. Статьей 19.21 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях определена административная ответственность за уклонение установленного порядка государственной регистрации на недвижимое имущество в виде административного штрафа [4]. Широкому применению данной ответственности мешают объективные и субъективные причины. Отсутствие законодательно установленного срока государственной регистрации не позволяет успешно применять нормы указанной статьи.

Преимуществом для муниципалитетов стало зачисления с 1 января 2014 года арендной платы за земли в полном объеме в доходы местных бюджетов [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть вторая: федеральный закон от 30 ноября 1994 г. № 51-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 29.01.1996. № 5. Ст. 410.
2. Земельный кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 25 октября 2001 года № 136-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 29.10.2001. № 44. Ст. 4147.
3. Бюджетный кодекс Российской Федерации : федеральный закон от 31 июля 1998 года № 145-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 03.08.1998. № 31. Ст. 3823.
4. Кодекс Российской Федерации «Об административных правонарушениях» : федеральный закон от 30 декабря 2001 года № 195-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 07.01.2002. № 1. Ч.1. Ст. 1.
5. Об утверждении методики расчета арендной платы по договорам аренды государственного и (или) муниципального недвижимого имущества (зданий (их частей), сооружений), находящегося на земельных участках в пределах территорий особых экономических зон технико-внедренческого, портового и туристско-рекреационного типов и методики расчета арендной платы по договорам аренды земельных участков, расположенных в пределах территорий особых экономических зон : приказ Министерства экономического развития и торговли Российской Федерации от 14 июля 2006 года № 190 (в ред. от 17.07.2012 года) // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 28.08.2006. – № 35.
6. Об арендной плате за землю в городском округе город Уфа Республики Башкортостан : решение Совета городского округа город Уфа Республики Башкортостан от 3 декабря 2007 года № 30/7: (в ред. от 29.03.2016 года) // Вечерняя Уфа. 07.12.2007. № 237 (10885).
7. Об исполнении бюджета городского округа город Уфа Республики Башкортостан за 2007 год : решение Совета городского округа город Уфа Республики Башкортостан от 22 мая 2008 г. № 4/4 // Вечерняя Уфа. 31.05.2008 г. № 105 (11003).
8. Об исполнении бюджета городского округа город Уфа Республики Башкортостан за 2008 год : решение Совета городского округа город Уфа Республики Башкортостан от 28 мая 2009 г. № 16/7 // Вечерняя Уфа. 29.05.2009 г. № 103-104 (11251-11252).
9. Об исполнении бюджета городского округа город Уфа Республики Башкортостан за 2009 год : решение Совета городского округа город Уфа Республики Башкортостан от 2 июня 2010 г. № 26/4 // Вечерняя Уфа. 08.06.2010 г. № 110 (11508).
10. Об исполнении бюджета городского округа город Уфа Республики Башкортостан за 2010 год : решение Совета городского округа город Уфа Республики Башкортостан от 1 июня 2011 г. № 37/6 // Вечерняя Уфа. 14.06.2011 г. № 114 (11762).
11. Об исполнении бюджета городского округа город Уфа Республики Башкортостан за 2011 год : решение Совета городского округа город Уфа Республики Башкортостан от 30 мая 2012 г. № 5/5 // Вечерняя Уфа. 07.06.2012 г. № 108 (12006).
12. Об исполнении бюджета городского округа город Уфа Республики Башкортостан за 2012 год : решение Совета городского округа город Уфа Республики Башкортостан от 29 мая 2013 г. № 18/2 // Вечерняя Уфа. 05.06.2013 г. № 1107–108(12255-12256).
13. Об исполнении бюджета городского округа город Уфа Республики Башкортостан за 2013 год [Текст]: решение Совета городского округа город Уфа Республики Башкортостан от 18 июня 2014 г. № 33/5 // Вечерняя Уфа. 24.06.2014 г. № 121–122(12519-12520).
14. Об исполнении бюджета городского округа город Уфа Республики Башкортостан за 2014 год [Электронный ресурс]: решение Совета городского округа город Уфа Республики Баш-

кортостан от 27 мая 2015 г. № 46/2 // СПС «Консультант Плюс». Технология Проф 2012;

15. Об исполнении бюджета городского округа город Уфа Республики Башкортостан за 2015 год [Электронный ресурс]: решение Совета городского округа город Уфа Республики Башкортостан от 31 мая 2016 г. № 63/11 // СПС «Консультант Плюс». Технология Проф 2012.

16. Об утверждении отчета исполнения бюджета города Ростова-на-Дону за 2015 год [Электронный ресурс]: решение Ростовской-на-Дону городской Думы Ростовской области от 19 апреля 2016 г. № 116 // ПСС «Техэксперт» 6.2016.

17. Отчет об исполнении бюджета муниципального образования города Казани за 2015 год [Электронный ресурс]: решение Казанской городской Думы от 20 апреля 2016 г. № 4-6 // ПСС «Техэксперт» 6.2016.

18. Об утверждении отчета об исполнении бюджета города Перми за 2015 год [Электронный ресурс]: решение Пермской городской Думы от 24 мая 2016 г. № 95 // <http://budget.gorodperm.ru> (дата обращения: 10.09.2016 г.).

19. Об исполнении бюджета города за 2015 год [Электронный ресурс]: решение Красноярского городского Совета Депутатов от 24 мая 2016 г. № В-163 // <http://budget.admkrsk.ru> (дата обращения: 10.09.2016 г.).

20. Об исполнении бюджета города Нижнего Новгорода за 2015 год [Электронный ресурс]: решение городской Думы города Нижнего Новгорода от 25 мая 2016 г. № 98 // <http://depfin.r52.ru> (дата обращения: 10.09.2016 г.).

21. Об исполнении бюджета Волгограда за 2015 год [Электронный ресурс]: решение Волгоградской городской Думы от 25 мая 2016 г. № 44/1298 // <http://www.volgadmin.ru> (дата обращения: 10.09.2016 г.).

22. Об утверждении отчета об исполнении бюджета городского округа Самара Самарской области за 2015 год [Электронный ресурс]: решение Думы городского округа Самара от 09.06.2016 г. № 94 // <http://дф-самара.рф/pages/247> (дата обращения: 10.09.2016 г.).

23. Корнева Т.Г. Экономические методы совершенствования управления земельными ресурсами АПК (на примере Республики Бурятия) [Текст] дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Санкт-Петербург-Пушкин. 2007. С.155.

24. Нагаев Р.Т. Терминологический словарь «Недвижимость (Землеустройство. Градостроительство. Экономика)». Казань. Дом печати. 1998. С.327.

25. Обухов Д.А. Аренда – роль в системе управления земельными ресурсами и механизмы ее формирования // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. №5. 2010. С. 28–33.

Suleimanova A.V.

MECHANISM OF RENT COLLECTION IN THE URBAN DISTRICT OF UFA IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

In the article the existing system of lease relations in the urban district of Ufa in the Republic of Bashkortostan is given. The methodology of rent calculation is considered. The basic problems arising in the building leasing relations are analysed, and also possible trends and their impact on the further improving the collection of revenues from the use of land resources are identified.

Key words: land renting, land taxation, methodology of rent calculation, the administrator of the revenues, the lease.

Сулейманова Альбина Венеровна, менеджер.

ООО Холдинговая компания «Башбетон».

Адрес: Россия, 450078, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Айская д.46.

E-mail Al.Suleimanova@yandex.ru

¹Зенин А.Ю., аспирант,
^{2,3}Калач А.В., д-р хим. наук, проф.,
²Калач Е.В., канд. техн. наук, доц.
¹ФГКУ «Специальное управление ФПС № 37 МЧС России»,
²Воронежский институт ГПС МЧС России,
³Воронежский государственный технический университет

ОЦЕНКА И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТАРИФНЫХ СТАВОК ПО ПРОТИВОПОЖАРНОМУ СТРАХОВАНИЮ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

avkalach@gmail.com

Представлен методический подход к оценке и экономическому обоснованию тарифных ставок по противопожарному страхованию имущества социальных и экономических систем, являющегося неременным условием введения в страхование экономических способов управления рисками пожарной безопасности застрахованных сооружений и зданий, снижения размеров страховых компенсаций и экономической заинтересованности страхователей при выборе страховщика.

Ключевые слова: риски, пожарная безопасность, противопожарное страхование, страховые компенсации.

В нашей стране намного позже, чем за рубежом, стало развиваться страхование, но, несмотря на это, уже не одно столетие насчитывает история российского противопожарного страхования. Исходя из становления противопожарного дела на примере Воронежской губернии, можно заключить, что функционирование страховых обществ привело к усовершенствованию пожарного дела и повышению качества пожарной безопасности страны. Невзирая на все трудности, страховые общества, включая и Воронежское губернское земское собрание, содействовали росту экономических показателей Российской Империи. В рамках диалектического подхода к проведению исследования был использован логико-исторический метод, поскольку приобщение к эволюционной теории, к понятию о стадиях генезиса и эволюции вопроса помогает совершить скачок на новую ступень развития.

Механизм обеспечения пожарной безопасности (рис. 1) был создан для организации обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации.

В соответствии с Федеральным законом РФ от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» под механизмом (системой) обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации понимается совокупность мер, сил и средств экономического, правового, организационного, научно-технического и социального характера, направленных на борьбу с пожарами.

Управление пожарным риском - это многоэтапный процесс, призванный минимизировать риск или возместить ущерб в результате пожара. Этапы управления пожарным риском:

анализ риска, выбор методов воздействия на риск, принятие решения, непосредственное воздействие на риск, контроль и корректировка результатов процесса управления риском [1].

Существует два основных подхода к управлению пожарным риском. Первый основан на организации и проведении мер по предупреждению пожаров. Второй сводится к организации структур (компаний, фондов), целью которых является возмещение ущерба от пожаров и созданию комплексных систем противопожарной защиты. Наименее разработанным является первый подход. В общем случае на систему страхования возлагается выполнение двух функций: компенсирующей, выраженной в компенсации потерь от пожаров, и предупредительной, выраженной в предотвращении появления пожаров.

Применение таких методов как декомпозиция и агрегирование (рис. 2) позволяет рассматривать процесс выработки решений по управлению пожарным риском в виде трех компонентов. Следующим действием необходимо сформировать адекватную модель управления пожарным риском, опираясь на социально-экономическую обстановку, основанную на установлении формальной аналитической зависимости между тремя базовыми компонентами.

В качестве предложенных компонентов служат:

$\Delta t_{cp}/пф$ – среднее время возникновения негативных факторов, приводящих к пожарам;

$\Delta t_{cp}/и$ – среднее время идентификации негативных факторов;

$\Delta t_{cp}/н$ – среднее время нейтрализации негативных факторов;

P – показатель эффективности управления новения пожара.
пожарным риском, по предотвращению возник-



Рис. 1. Механизм обеспечения пожарной безопасности в РФ



Рис. 2. Процесс выработки решений по управлению пожарным риском в противопожарном страховании социальных и экономических систем

Процесс функционирования системы является последовательным выполнением ряда этапов.

Этап 1. Формируется поток поражающих факторов λ .

$\lambda_1(t), \lambda_2(t), \dots, \lambda_n(t)$ – интенсивности появления ПФ,

где $\lambda_i(t) = \frac{1}{t_{\text{ср/пф}}^i}$, $t_{\text{ср/пф}}^i$ – среднее время появления i -го поражающего фактора, n – количество факторов воздействий.

Этап 2. Идентификация информационной подсистемой опасных ПФ с интенсивностью $v_{1и}, v_{2и}, v_{3и}, \dots, v_{nи}$,

где $v_{iи} = \frac{1}{t_{\text{ср/и}}^i}$, $t_{\text{ср/и}}^i$ – среднее время, необходимое для идентификации i -го поражающего фактора.

Материал информационной подсистемы о найденных ПФ отправляется в подсистему координации. Операции подсистемы координации при обеспечении удаления выявленных ПФ выполняются с частотой $v_{1\text{проф}}, v_{2\text{проф}}, v_{3\text{проф}}, \dots, v_{n\text{проф}}$.

где $v_{i\text{проф}} = \frac{1}{t_{\text{ср/и}}^i}$, $t_{\text{ср/и}}^i$ – среднее время, которое необходимо для нейтрализации идентифицированного i -го поражающего фактора.

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_{00}(t) = -P_{00}(t)\lambda + P_{01}(t)v^{\text{проф}} \\ \frac{d}{dt} P_{01}(t) = -P_{01}(t)(\lambda + v^{\text{проф}}) + P_{11}(t)v^{\text{и}} + P_{10}(t)v^{\text{и}} \\ \frac{d}{dt} P_{10}(t) = P_{00}(t)\lambda - P_{10}(t)v^{\text{и}} + P_{11}(t)v^{\text{проф}} \\ \frac{d}{dt} P_{11}(t) = P_{01}(t)\lambda - P_{11}(t)(v^{\text{и}} + v^{\text{проф}}) \end{cases} \quad (1)$$

при граничных условиях: $P_{i0}(t_0) = 1$, $P_{i1}(t_0) = 0$.

Разработанный механизм дает возможность оценить эффективность осуществления профилактических мероприятий, позволяет провести мониторинг результатов деятельности СУПР и создать определенные нормы ее деятельности для соответствия с требуемым показателем эффективности.

С целью осуществления экспертной оценки были организованы две группы по пять специалистов в области страхования и перестрахования и знакомых друг с другом. В первую группу включены специалисты перестраховочных компаний, а во вторую – эксперты по страхованию имущественных рисков.

Критерии приведены в таблице 1.

В основе исходных данных для расчета страховых тарифов – статистические данные компании, Всероссийского Союза Страховщиков (ВСС) за период с 2004 по 2014 год, инфор-

Во время контакта конфронтирующих сторон, создается соответствующий итоговый показатель результативности функционирования.

Итоговый показатель эффективности в общем случае является определённой комбинацией равносильных функций (пространства и времени) – интенсивностей идентичных компонентов $\lambda(t), v_{и}(t), v_{\text{проф}}(t)$.

Вероятности положений системы предупреждения возникновения пожаров маркированы:

P_{00} – информационная система (ИС) РСЧС и система управления (СУ), сокращающая найденные факторы свободные от обслуживания отрицательных факторов;

P_{10} – ИС ориентирована на получение данных об одном факторе (явлении), СУ свободна от обслуживания;

P_{01} – ИС свободна, а СУ ориентирована на обработку информации о факторе и разработанных решения на применение сил и средств;

P_{11} – обе системы заняты.

Следует построить дифференциальные уравнения состояний СУПР. Соответствующие обозначаются состояния системы: $A_{00}, A_{10}, A_{01}, A_{11}$.

Полная система уравнений, описывающая все возможные состояния СУПР, состоит из четырёх дифференциальных уравнений:

мация о страховых тарифах, расположенная на официальном сайте рейтингового агентства «Эксперт РА», а также экспертная оценка [1].

Первый этап – сравнительный анализ используемых тарифов страховыми компаниями на территории Российской Федерации [2].

Анализ проводился с использованием информации о предлагаемых тарифах, размещённой на официальных сайтах страховых компаний. В таблице 2 представлена подборка тарифов по страхованию имущества юридических лиц, подготовленная рейтинговым агентством «Эксперт РА».

Второй этап – собственная статистика Страховщика.

По фактическим данным о результатах проведения страховых операций осуществлена оценка показателей q, S, S_v . Учитывая ограниченность имеющейся статистики, оценка показателей расчета производилась с использованием дополнительной информации.

Таблица 1

Унифицированные критерии для оценки объектов противопожарного страхования

№ п/п	Характеристика
1	Использование электрооборудования, которое соответствует классу пожароопасной и (или) взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси
2	Использование в конструкции быстродействующих средств защитного отключения электроустановок или других устройств, которые исключают возникновение источников зажигания
3	Использование оборудования и режимов проведения технологического процесса, которые исключают возможность образования статического электричества
4	Устройство молниезащиты сооружений, зданий и оборудования
5	Использование устройств, которые исключают возможность распространения пламени из одного объема в смежный
6	Использование объемно-планировочных решений и средств, которые обеспечивают ограничение распространения пожара
7	Организация путей эвакуации, удовлетворяющих требованиям безопасного вывода людей
8	Организация систем обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей
9	Использование систем коллективной защиты (в том числе противодымной), которая обеспечивает деятельность пожарной охраны
10	Использование имеющих наибольшее значение строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, которые соответствуют степени огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности сооружений и зданий
11	Использование строительных материалов и огнезащитных составов для увеличения пределов огнестойкости строительных конструкций
12	Организация аварийного стравливания горючих газов и аварийного слива пожароопасных жидкостей из аппаратуры
13	Использование первичных средств пожаротушения
14	Использование автоматических установок пожаротушения
15	Существование лифтов для перевозки пожарных подразделений
16	Наличие противопожарного водоснабжения
17	Координация деятельности на объекте подразделений пожарной охраны
18	Наличие необходимых подъездов и проездов для пожарной техники
19	Организация обучения работников по программам ПТМ (пожарно-технического минимума), противопожарным инструктажам
20	Формирование добровольной пожарной охраны на объекте

Третий этап – «глобальная» оценка показателей-аналогов.

На данном этапе для оценки показателей q , S , S_b использовались «глобальные» значения показателей-аналогов, имеющие отношение к

страхованию имущества субъектов хозяйствования по причине отсутствия статистики, относящейся непосредственно к рискам настоящих Правил страхования, при использовании статистики показателей страхового рынка России, опубликованной в Сборниках статистических материалов Всероссийского Союза Страховщиков [3].

Оценка совершалась отдельно для каждой из 109 страховых компаний, представленной в Сборнике ВСС, по соответствующему виду страхования за каждый год исследования. Из полученных результатов определено среднее значение (табл. 2)

Таблица 2

Итоги расчета показателей-аналогов

Период наблюдений	S - средняя страховая сумма, р.	Sb * q	Средний тариф по договору страхования
2014	57 456 234	31 847	1,19
2013	58 345 019	32 876	1,17
2012	61 567 912	29 567	1,34
2011	57 981 239	29 387	1,43
2010	51 345 756	31 567	1,65
2009	45 162 324	25 726	1,71
2008	31 273 508	23 389	1,19
2007	30 558 218	12 160	0,92
2006	37 387 689	14 353	0,83
2005	62 764 696	45 341	0,98
2004	63 827 510	33 389	1,12

Четвёртый этап – подбор показателей-аналогов.

Применяя результаты, которые были получены в результате обработки статистики по показателям-аналогам, а также после проведения взвешенной оценки каждой составляющей риска в общем риске наступления страхового случая, сделана оценка показателей, которые нужны для расчета тарифов.

Принимая во внимание приближенность расчетов, полученные показатели были откорректированы так, чтобы тарифы, рассчитанные с их использованием, соответствовали тарифам, применяемым на рынке страхования в Российской Федерации. По мере накопления собственной статистики, используемые показатели должны корректироваться [4].

Итоговые показатели представлены в таблице 3.

Таблица 3

Итоговые показатели

Страховые риски	Планируемое число договоров n	Вероятность наступления страхового случая q	Средняя страховая сумма S (тыс. руб.)	Среднее страховое возмещение Sb (тыс. руб.)
Пожар	500	0,00181	10000	1590

Таким образом, был предложен и апробирован методический подход к оценке и экономическому обоснованию тарифных ставок по противопожарному страхованию имущества социальных и экономических систем, которые являются основным условием введения в страховое дело экономических способов управления степенью пожарной безопасности застрахованных сооружений и зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методики расчета тарифных ставок по рисковому виду страхования. Утверждены Распоряжением Федеральной службы РФ по надзору

ру за страховой деятельностью от 8 июля 1993 г. № 02-03-36

2. Зенин А.Ю., Калач А.В., Шкарупета Е.В., Шмырева М.Б. Методический подход к оценке и экономическому обоснованию тарифных ставок противопожарного страхования имущества // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2016. № 1 (18). С. 48–50.

3. Всероссийский союз страховщиков [Электронный ресурс]: Сборник статистических материалов. URL: http://old.ins-union.ru/cgi-bin/cm/get_doc.fpl?doc_id=7028

4. Расчет и экономическое обоснование тарифных ставок по страхованию от огня и других опасностей имущества предприятий. М., 2010. 20 с.

Zenin A.Yu., Kalach A V., Kalach E.V.**ASSESSMENT AND ECONOMIC CASE OF THE TARIFF CHARGES ON FIRE-PROOF INSURANCE SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS**

Methodical approach to assessment and economic case of the tariff charges on fire-proof proprietary insurance of social and economic systems, the introduction which is an indispensable condition is provided to insurance of economic methods of risk management of fire safety of insured constructions and buildings, decrease in the sizes of insurance compensations and economic interest of insurers in case of the choice of the insurer.

Key words: risks, fire safety, fire-proof insurance, insurance compensations.

Зенин Александр Юрьевич, аспирант

ФГКУ «Специальное управление ФПС № 37 МЧС России»,

Адрес: Россия, 394006, г Воронеж, ул Бахметьева, д 1 "А"

Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, профессор, заместитель начальника по научной работе.

Воронежский институт ГПС МЧС России.

Адрес: Россия, 394052 г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231.

E-mail: AVKalach@gmail.com

Калач Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры физики

Воронежский институт ГПС МЧС России.

Адрес: Россия, 394052 г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231.

E-mail: EVKalach@gmail.com

Малыхина И.О., канд. экон. наук, ст. преп.,
Брежнев А.Н., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ФОРМИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ РЕГИОНА НА ПРИНЦИПАХ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ

imalykhina@inbox.ru

В условиях прогрессивного роста потребностей современного общества должны быть обеспечены соответствующие скорость и качество экономического развития регионов и государства в целом. Неоспоримо наличие прямой зависимости между экономическим развитием региона и степенью его инновационной активности, а также инвестиционной привлекательности. Достижение подобного состояния региона возможно при условии проведения активной поддержки научных исследований, формирования региональной инновационной инфраструктуры и реализации инновационных стратегий с целью стимулирования инновационной деятельности региона.

Поскольку именно инновации приводят к экономическому росту, целесообразно использование преимуществ проектного управления с целью повышения эффективности протекающих в регионе инновационных процессов. Проектное управление как интегральное управление интеграционной деятельностью в регионе в современной науке до конца не изучено. При этом важно создать условия для формирования и реализации инновационных стратегий региона как инструмента обеспечения инновационно-инвестиционного развития региона в условиях применения механизмов и принципов проектного управления.

Ключевые слова: инновационные стратегии, инновационная деятельность, развитие, регион, проектное управление.

Введение. В настоящее время отечественная экономика претерпевает базисные изменения. Меняется мировоззрение относительно используемых моделей и инструментов экономического развития. В приоритете сегодня инновации, новейшие знания и технологии, таким образом, инновационная модель экономики требует применения принципиально иных методологических и практических подходов, то есть необходимо научиться формировать и реализовывать инновационные стратегии развития региона в условиях проектного управления.

В современной науке под инновационной стратегией ученые понимают интеграционную деятельность, которая нацелена на реализацию управленческих решений в целях выполнения обозначенных задач и достижения стратегических результатов инновационного развития региона [1]. Инновационные стратегии реализуются для достижения стратегических целей, а именно: стимулирования инновационной деятельности региона, укрепления его инновационного и, как следствие, инвестиционного потенциалов, обеспечения эффективности инновационных процессов, протекающих в регионе и др., что приведет к возникновению долгосрочных конкурентных преимуществ.

Инновационное развитие региона закладывает фундамент его социально-экономическому процветанию. Принципы проектного управления определяют возможности использования совместных, объединенных ресурсов и

управленческих решений, что является необходимым условием для эффективного создания и применения на региональном уровне различных видов инноваций (от процессных до маркетинговых). Сегодня Правительством РФ перед регионами поставлена задача проработать стратегические пути их социально-экономического развития. При этом инновационную составляющую за основу стратегии развития региона приняли далеко не все структурно-территориальные единицы страны, что отражается на уровне инновационного развития государства.

Е.В. Пестерева в своих трудах отмечает, что формирование и реализация стратегических ориентиров инновационного развития регионов есть ничто иное как «динамический процесс, отражающий структурные изменения спроса субъектов экономики на инновации и возможности реализации предложения инновационного продукта». В целях инновационного развития региона важно не только обозначать стратегические целевые ориентиры, гораздо важнее их достигать, вследствие чего и с методологической, и с практической точки зрения устранение сложностей взаимодействия представителей власти и стратегических субъектов экономики приведет к повышению эффективности инновационных процессов в экономике [7].

Вопросам недостаточной методологической изученности проблем формирования и выбора механизмов реализации инновационных стратегий региона отечественными учеными сегодня

уделяется повышенное внимание. Как отмечают Ю.А. Дорошенко и И.В. Сомина, на начальном этапе формирования инновационной стратегии необходимо обозначить инновацию, которая будет применяться с целью достижения обозначенных стратегических результатов. Последующие этапы формирования инновационной стратегии должны быть связаны с выявлением целей и задач, а также форм, инструментов, методов и параметров организации данной стратегии, основанной на применении инновации. Выбор параметров формирования инновационной стратегии должен происходить, исходя из принципа необходимости их успешной адаптации при изменении условий реализации стратегии как на мезо-, так и на макроуровне [2].

Реализация инновационных стратегий региона приведет к формированию региональной инновационной системы и инновационной инфраструктуры и, как следствие, обеспечит протекание в нем эффективных инновационных процессов и создаст предпосылки для стимулирования инновационной деятельности, в том числе в отрасли промышленности строительных материалов. Однако данные процессы и результаты могут быть реализованы и достигнуты быстрее и прогрессивнее, опираясь на проектное управление. Принцип интеграционной деятельности в проектном управлении будет заключаться в объединении промышленности, науки, государственной власти, образования для наиболее эффективного решения обозначенных в инновационной стратегии задач.

Методология. Отметим вклад отечественных и зарубежных ученых, исследовавших и разрабатывавших методологию и методики формирования и реализации инновационных стратегий региональных систем, а именно И. Ансоффа, А. Чандлера, Р. Литана, Ф. Хедоури, М. Мескона, М. Альберта, Ю.А. Дорошенко, И.В. Соминой, Е.Н. Чижовой, М.А. Гершмана и др.

Понятие «инновационная стратегия» относительно молодое и активно исследуется как в российской науке, так и в зарубежной. Действительно, можно выделить значительные различия в подходах к трактовке сущности стратегии. Так, А. Чандлер определяет стратегию как совокупность долгосрочных целей и задач, а также инструментов управления ресурсами для достижения обозначенных целевых ориентиров [10].

Коллектив ученых М. Мескон, М. Альберт и Ф. Хедоури убеждены, что стратегией является «детальный всесторонний комплексный план, предназначенный для того, чтобы обеспечить осуществление миссии организации и достижение её целей» [6].

Опираясь на опыт ученых и оперируя научной терминологией, представим авторское определение данной экономической категории. Так, инновационная стратегия – это совокупность объективных и необходимых для развития региональной системы целей, инструментов их достижения и ресурсов, обеспечивающих эффективность инновационных процессов и стимулирование ее инновационной активности.

В развитии методологических и научно-практических подходов к формированию проектного управления велика роль таких ученых, как Й.А. Шумпетера, П. Мартина, К. Фридмана, П. Друкера, К. Тейта, С.Ю. Глазьева, Ю.В. Яковца, О.А. Овсянникова, М.Л. Разу, К.Л. Жихарева и др.

Как полагает К.Л. Жихарев, проектное управление – это развитие региональных инновационных систем, в рамках которого предполагается выделение трех уровней управления: инновационными проектами, программами и портфелем региона [3].

При этом М.Л. Разу под проектным управлением понимает особый вид управленческой деятельности, который основывается на предварительной коллегиальной разработке комплексно – системной модели действий для достижения оригинальной цели и направленный на реализацию этой модели [8].

Проектное управление – это комплекс квалифицированных управленческих решений в профессиональных областях относительно управления всеми ресурсами организации, основанного на применении принципов, методов и средств инновационного менеджмента в целях максимально результативного достижения поставленных целей с учетом имеющихся требований по времени, финансам и индивидуальным особенностям проекта [4].

Основная часть. Одной из наиболее сложных проблем формирования и реализации инновационных стратегий региона является недостаточность их практического освоения на всех этапах: от формирования идеи до оценки результатов. При этом протекающие в региональной системе инновационные процессы требуют квалифицированного управления, отсутствие которого приводит к возникновению диспропорций и торможению инновационной деятельности. Отметим, что наблюдается отсутствие согласованности действий между федеральными и региональными представителями власти, в чьих компетенциях находится принятие управленческих решений относительно стратегического развития региональных и национальной инновационных систем. Более того, процесс инновационного и, как следствие, инвестиционно-

го развития регионов сдерживает недостаточная степень развития инновационной инфраструктуры, а в отдельных регионах и полное ее отсутствие. При этом процессу целеполагания необходимо уделять повышенное внимание, поскольку от качества поставленной цели зависит конечный результат, поэтому, с точки зрения методологии регионального инновационного развития, постановка целей – очень ответственный этап.

Эффективной реализации инновационных стратегий в целях стимулирования инновационной деятельности региона препятствуют следующие ограничения [7]:

- недостаточная квалификация менеджеров, ответственных за реализацию инновационных стратегий региона;

- недостаточная проработанность правовой базы, создающей условия для реализации новых инновационных стратегий региона;

- слабая система обратной связи между представителями органов власти и хозяйствующими субъектами при реализации инновационных проектов, требующих совместных действий;

- недостаточная обоснованность стратегических приоритетов инновационного развития региона;

- отсутствие эффективных способов стимулирования инновационно активных хозяйствующих субъектов.

Реализация инновационных стратегий происходит в рамках действующей в регионе инновационной системы. Рассматривая инновационную систему как «движущую силу», способную объединить усилия инновационно активных хозяйствующих субъектов, исследовательских организаций и представителей реального сектора экономики с целью создания, распространения и использования инноваций, процесс реализации инновационных стратегий на данном уровне представляется наиболее эффективным. Поскольку важнейшей функцией инновационной системы региона является обеспечение максимально эффективного процесса разработки инноваций и их практического применения, основной проблемой является отсутствие у представителей реального сектора экономики устойчивого спроса на них [5].

Успешная коммерциализация инноваций подразумевает применение маркетинговых инструментов организации продаж. Если рассматривать инновацию как товар, который необходимо продать, необходимо организовать оповещение потенциальных потребителей об инновационном продукте, чему должна содействовать региональная инновационная инфраструктура

[9]. Определяя понятие инновационной инфраструктуры региона, представим ее как комплекс взаимосвязанных и тесно взаимодействующих структур различных областей народного хозяйства в интересах обеспечения эффективного инновационного процесса на всех его этапах: от разработки инновационной идеи до коммерциализации инновации. При этом в рамках проектного управления протекание названных выше процессов будет происходить быстрее и эффективнее.

Отметим, что при проектном управлении достигается эффективное взаимодействие субъектов, задействованных в нем. При этом наблюдается наибольшая рациональность использования ресурсов, по природе всегда ограниченных. Также установление временных границ реализации проекта мобилизует его участников. Подчеркнем, что методы проектного управления сегодня все активнее используются при достижении целей, связанных с участием государства в регулировании экономики в части ее модернизации.

Выводы. Подводя итог, отметим некоторые аспекты, создающие условия для формирования и реализации инновационных стратегий региона. Так, необходимость их формирования обусловлена объективными причинами, в числе которых важность стимулирования инновационной деятельности региона с применением методов и принципов проектного управления в целях его инновационного развития. Для успешной реализации инновационных стратегий региона, прежде всего, необходимо обеспечить соответствие целей, а также форм и способов реализации национальной и региональных инновационных стратегий. Они должны образовывать единую систему, приводить к появлению синергетического эффекта. Важно оценить ресурсный потенциал региона и квалифицированно управлять ресурсами для максимально эффективной реализации инновационной стратегии. Также стоит отметить, что эффективность функционирования региональной инновационной инфраструктуры прямо влияет на активность инновационной деятельности и укрепление инновационного потенциала региона, поэтому в целях успешного формирования и реализации инновационных стратегий региональные власти должны обеспечить максимально эффективное функционирование инновационной инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дорошенко Ю.А., Капустин Е.В. Управление проектами, связанными с созданием и использованием объектов интеллектуальной собственности // Реформирование системы

управления на современном этапе: Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. Пенза, 2004. С. 80–82.

2. Дорошенко Ю.А., Сомина И.В. Моделирование результативности инновационной деятельности // Социально-гуманитарные знания. 2012. № 8. С. 172–177.

3. Жихарев К.Л. Проектное управление развитием региональной инновационной системы. М.: Изд. Социум, 2011. 207 с.

4. Мальных И.О., Брежнев А.Н. Проектное управление как инструмент развития инжинирингового центра, созданного на базе вуза // Научно-теоретический журнал Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №1. С. 240–244.

5. Махотаева М.Ю., Фихтнер О.А., Григорьева О.В. Механизм реализации стратегии инновационного развития // Вестник Псковского

государственного университета. Серия: Экономика. Право. Управление. 2014. №4. С. 76–88.

6. Мескон М. Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. Пер. с англ. М.: Дело, 1992. 385 с.

7. Пестерева Е.В. Формы и методы реализации инновационной стратегии региона // Известия государственного технического университета. 2014. № 11 (138). С. 88–95.

8. Разу М.Л. Управление проектом. Основы проектного управления: учебник. М.: Изд. КНОРУС, 2007. 768с.

9. Чижова Е.Н., Брежнев А.Н., Кондрашова Е.А. Основные виды показателей качества инновационного проекта и требования к их выбору // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 119–121.

10. Chandler A. Strategy and structure. London, 1962. 421 с.

Malykhina I.O., Brezhnev A.N.

THE FORMATION OF INNOVATION STRATEGIES OF THE REGION ON THE PRINCIPLES OF PROJECT MANAGEMENT

In terms of the progressive growth of the needs of modern society should be provided with appropriate speed and quality of economic development of the regions and the state as a whole. Conclusively a direct relationship between the economic development of the region and the degree of innovation activity and investment attractiveness. The achievement of such state of the region is possible subject to the active support of scientific research, formation of regional innovation infrastructure and the implementation of innovative strategies with the aim of promoting innovation in the region.

Because innovation lead to economic growth, it is advisable to use the benefits of project management with the purpose of increase of efficiency occurring in the region's innovation processes. Project management as integrated management of integration activities in the region in modern science is not fully understood. It is important to create conditions for the development and implementation of innovative strategies in the region as an instrument for innovation and investment development of the region in terms of mechanisms and principles of project management.

Key words: *innovation strategy, innovation development, region, project management.*

Мальных Ирина Олеговна, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры Стратегического управления.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: imalykhina@inbox.ru

Брежнев Алексей Николаевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры Стратегического управления.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: imalykhina@inbox.ru

Брянцева Т.А., канд. экон. наук, ст. преп.,
Шевченко М.В., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

НАЛОГОВОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ КАК ФАКТОР АКТИВИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

tatyana.shapoval@mail.ru

Реализация инновационных проектов остается трудновыполнимой задачей для большинства российских предприятий строительной отрасли, так как требует привлечения значительных финансовых ресурсов. Совершенствование системы налогового стимулирования, как одного из инструментов государственной поддержки инноваций, позволит высвободить часть средств для финансирования инновационной деятельности.

Ключевые слова: инновационная деятельность, инновации, налоговые льготы, налоговая система, налоговое стимулирование.

В настоящее время важнейшим условием эффективного развития экономики страны, повышения конкурентоспособности России на международном рынке, является комплексное и сбалансированное развитие высокотехнологичного производства. Развитие инновационной сферы становится стратегической целью для целого ряда отраслей и хозяйствующих субъектов, особенно в условиях санкционных ограничений, введенных западными странами.

Вместе с тем, реализация инновационных проектов остается трудновыполнимой задачей для большинства российских предприятий по причине необходимости привлечения значительных финансовых вложений при высокой степени риска неполучения в полном объеме запланированных результатов.

Следовательно, только комплексная государственная поддержка расширения инвестиций инновационного характера позволит добиться экономического роста.

В этой связи, основными направлениями государственного регулирования инновационной деятельности являются: развитие нормативно-правовой базы, с целью защиты интересов субъектов инновационной деятельности; поддержка и стимулирование развития инновационной инфраструктуры; финансовая и информационная поддержка инновационных проектов, в том числе, реализуемых субъектами малого предпринимательства.

Меры государственного воздействия на деятельность в сфере науки и инноваций делят на прямые и косвенные. Прямые методы стимулирования инноваций включают в себя непосредственное финансирование научных разработок за счет средств бюджета, предоставление кредитов на льготных условиях, субсидирование части процентных ставок по кредитам на инновационную деятельность, создание государствен-

ных фондов поддержки науки и инноваций и др. Данные меры имеют ряд ограничений. В частности, существующие рамки бюджетного финансирования и бюрократические препоны не позволяют в должной мере поддерживать реализацию отдельных инновационных проектов.

В отличие от прямых, косвенные методы господдержки создания и внедрения инноваций направлены на стимулирование инновационных процессов в экономике, формирование благоприятного инвестиционного климата. Косвенные методы позволяют хозяйствующим субъектам высвободить часть финансовых ресурсов для осуществления затрат по финансированию инновационной деятельности. Одним из основных косвенных методов поддержки инновационной деятельности со стороны государства является система налогового стимулирования.

Основными инструментами налогового стимулирования инновационной деятельности выступают пониженные налоговые ставки, льготное налогообложение прибыли, инвестиционный налоговый кредит, ускоренная амортизация и др. В частности, в России применяются следующие инструменты налогового стимулирования инновационной деятельности:

- льготы при учете расходов на НИОКР по налогу на прибыль;
- ускоренный порядок амортизации активов, используемых в научно – технической деятельности;
- освобождение от налога на прибыль средств целевого финансирования;
- освобождение от НДС при реализации НИОКР, при реализации прав на результаты интеллектуальной деятельности;
- создание резерва расходов на НИОКР;
- льгота по уплате налога на имущество по энергоэффективным основным средствам;
- инвестиционный налоговый кредит.

Согласно российскому законодательству организации, осуществляющие деятельность в сфере инноваций, имеют право учитывать расходы на НИОКР при расчете налоговой базы по налогу на прибыль. Предприятия могут уменьшать ее на величину произведенных в текущем году расходов на проведение исследований и разработок. В соответствии со статьей 262 НК РФ расходами на научные исследования и опытно-конструкторские разработки признаются «расходы, относящиеся к созданию новой или усовершенствованию производимой продукции (товаров, работ, услуг), к созданию новых или усовершенствованию применяемых технологий, методов организации производства и управления» [1]. К расходам на НИОКР относятся:

- суммы амортизации по основным средствам и нематериальным активам, используемым для выполнения НИОКР, начисленные за период, в течение которого указанное имущество использовалось исключительно для выполнения НИОКР;
- суммы расходов на оплату труда работников, участвующих в выполнении НИОКР;
- материальные расходы, непосредственно связанные с выполнением НИОКР;
- стоимость работ по договорам на выполнение НИОКР для налогоплательщика, выступающего в качестве заказчика;
- отчисления на формирование фондов поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности, созданных в соответствии с Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике», в сумме не более 1,5 процента доходов от реализации;
- другие расходы, непосредственно связанные с выполнением НИОКР, в сумме не более 75 процентов суммы расходов на оплату труда работников, осуществляющих данный вид работ.

Согласно Постановления Правительства РФ от 24.12.2008 года № 988 «Об утверждении Перечня научных исследований и опытно-конструкторских разработок, расходы налогоплательщика на которые в соответствии с пунктом 7 статьи 262 части второй Налогового кодекса Российской Федерации включаются в состав прочих расходов в размере фактических затрат с коэффициентом 1,5» утверждены определенные виды НИОКР в области индустрии наносистем, информационно-телекоммуникационных систем, наук о жизни, рационального природопользования, транспортных и космических систем, энергоэффективности, энергосбережения и ядерной энергетики, затраты по которым разрешено не только вклю-

чать в расчет налога на прибыль, но и увеличить в 1,5 раза.

Для учета затрат на НИОКР при расчете налога на прибыль не имеет значения результат исследований и разработок. Подобные затраты признаются сразу после завершения НИОКР или отдельных их этапов и подписания сторонами акта сдачи-приемки.

Следующим инструментом налогового стимулирования инновационной деятельности является использование особой амортизационной политики по отношению к активам, используемым в инновационной деятельности. Данная мера позволяет переносить стоимость основного средства в расходы в три раза быстрее. Касается амортизации нематериальных активов, предприятиям дано право самостоятельно определять срок их полезного использования, не зависимо от срока действия договора (рис.1).

Как известно, объектом налогообложения по налогу на прибыль организаций признается прибыль, определяемая как разница между доходами и расходами. Налоговым законодательством определен перечень доходов, не учитываемых при расчете налоговой базы. Согласно статье 251 НК РФ к средствам целевого финансирования, не учитываемым в целях налогообложения прибыли, относятся доходы в виде имущества, полученного в рамках целевого финансирования. Законодательством РФ установлен перечень организаций, в том числе реализующих инновационные проекты, получающих гранты (безвозмездную помощь), которые не подлежат налогообложению.

В соответствии с Налоговым кодексом РФ налогоплательщики, осуществляющие инновационную деятельность, могут формировать резерв расходов на НИОКР. Срок формирования резервов устанавливается на период не более двух лет для каждого проекта (ст. 267.2 НК РФ). Размер резерва не может превышать смету инновационного проекта. Разработана формула для определения предельного размера отчислений в резерв, согласно которой «максимальный размер резерва не должен превышать 3% доходов от реализации отчетного (налогового) периода за минусом затрат на формирование фондов поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности» [1].

Одной из мер поддержки инновационной деятельности в Российской Федерации является создание центра «Сколково», представляющего собой особую форму партнерства государства, науки и бизнеса. К участникам данного проекта относятся организации, осуществляющие деятельность по следующим направлениям [3]:

- энергоэффективность и энергосбереже-

ние, в том числе разработка инновационных энергетических технологий;

- ядерные технологии;
- космические технологии, прежде всего в области телекоммуникаций и навигационных систем (в том числе создание соответствующей

наземной инфраструктуры);

- медицинские технологии в области разработки оборудования, лекарственных средств;
- стратегические компьютерные технологии и программное обеспечение.

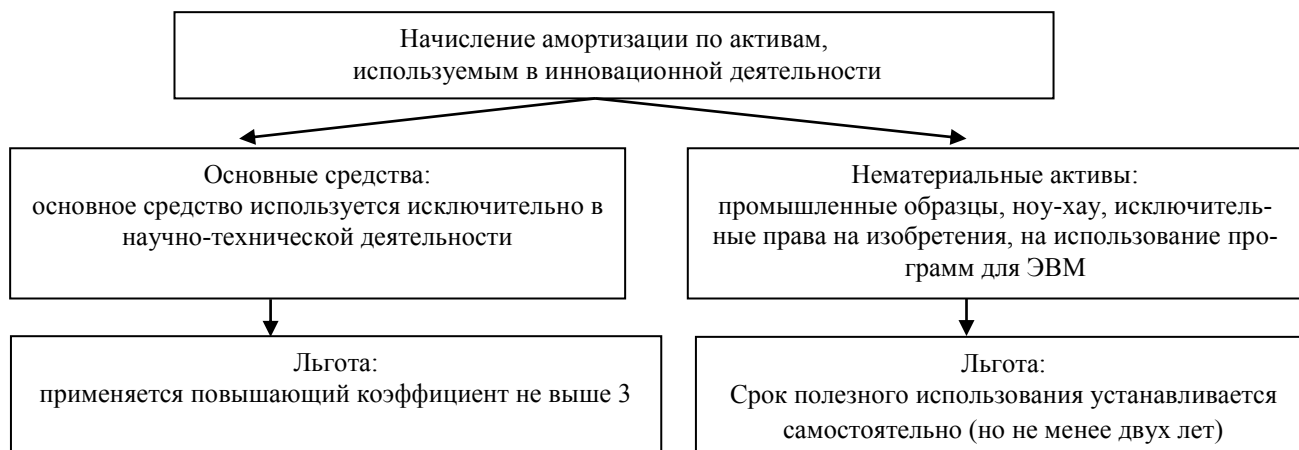


Рис. 1. Амортизационные льготы, применяемые в налогообложении инновационной деятельности

Для участников этого проекта предусмотрены льготы в части уплаты налогов:

1. Участники проекта «имеют право на освобождение от исполнения обязанностей налогоплательщиков по налогу на прибыль организаций в течение 10 лет со дня получения указанного статуса (п. 1 ст. 246.1 НК РФ). При этом, если годовой объем выручки от реализации товаров (работ, услуг, имущественных прав)

превысил 1 млрд. руб., то компания теряет право на использование данного освобождения» [1];

2. Участники проекта «имеют право на освобождение от исполнения обязанностей налогоплательщиков по налогу на добавленную стоимость, предоставляемое резидентам инновационного центра «Сколково» [1];

Условия получения указанных льгот представлены в табл. 1.

Таблица 1

Условия получения льгот по НДС и налогу на прибыль [3,5]

Льгота по налогу на прибыль	Льгота по НДС
Объем годовой выручки превысил 1 млрд. руб.	
Льгота теряется. Возможна нулевая ставка	Льгота не теряется
Совокупная прибыль превысила 300 млн. руб.	
Право применения ставки 0% утрачивается	Льгота теряется. Нулевая ставка не предусмотрена

3. Участники проекта освобождены от уплаты налога на имущество (п. 20 ст. 381 НК РФ). Компания утрачивает право на льготу либо после утраты статуса участника инновационного центра «Сколково», либо с начала года, в котором совокупный размер прибыли за весь период существования составит 300 млн. руб.;

4. Организации – участники проекта «Сколково» имеют право на применение пониженных

тарифов страховых взносов в течение десяти лет со дня получения статуса участника проекта. Так, на настоящий момент, тариф взносов в Пенсионный фонд РФ составляет 14,0 %, в Фонд социального и Фонд обязательного медицинского страхования – 0 % [3].

Особые привилегии предоставлены организациям инновационной сферы, которые являются субъектами малого бизнеса и применяют

упрощенную систему налогообложения. Для таких предприятий предусмотрены пониженные тарифы страховых взносов. Основное условие ее применения - зарабатывать по инновационному виду деятельности не менее 70% всех доходов.

Важной мерой поддержки инновационно ориентированной экономики является предоставление льгот по налогу на добавленную стоимость. Так, отечественным производителям, осуществляющим исследования и разработки, предоставляется освобождение от НДС (при условии выполнения в составе НИОКР разработки конструкции инженерного объекта или технической системы, либо разработки новых технологий и создании опытных образцов машин и оборудования). Освобожден от НДС и таможенных пошлин ввоз технологического оборудования, аналоги которого не производятся в РФ. Не подлежат обложению НДС операции по выполнению:

1. «НИОКР за счет средств бюджетов, а также средств фонда фундаментальных исследований, фонда технологического развития и образуемых для этих целей в соответствии с законодательством Российской Федерации внебюджетных фондов министерств, ведомств, ассоциаций; выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ учреждениями образования и научными организациями на основе хозяйственных договоров (см. пп. 16 п. 3 ст. 149 НК РФ)» [1].

2. «НИОКР и технологических работ, относящихся к созданию новой продукции и технологий или к усовершенствованию производимой продукции и технологий, если в состав научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ включаются следующие виды деятельности (см. пп. 16.1 п. 3 ст. 149 НК РФ):

- разработка конструкции инженерного объекта или технической системы;

- разработка новых технологий, то есть способов объединения физических, химических, технологических и других процессов с трудовыми процессами в целостную систему, производящую новую продукцию (товары, работы, услуги);

- создание опытных, то есть не имеющих сертификата соответствия, образцов машин, оборудования, материалов, обладающих характерными для нововведений принципиальными особенностями и не предназначенных для реализации третьим лицам, их испытание в течение времени, необходимого для получения данных, накопления опыта и отражения их в технической документации» [1].

Также не облагается НДС реализация ис-

ключительных прав на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем, секреты производства (ноу-хау).

К льготированию инновационной деятельности в Российской Федерации можно также отнести предоставление льготы по уплате имущественного налога для объектов основных средств, обладающих высокой энергоэффективностью, предоставляемой на три года с момента принятия данного основного средства к учету. Правительством РФ утвержден Перечень объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности [4].

Как уже упоминалось, эффективным инструментом налогового стимулирования инновационной деятельности является инвестиционный налоговый кредит. Он представляет собой сумму денежных средств, оставляемых у организации в связи с предоставлением ей отсрочки платежа по налогу при условии, что средства в размере «отсроченного» налога направляются на проведение НИОКР, техническое перевооружение производства, внедренческую и инновационную деятельность. Инвестиционный налоговый кредит может быть предоставлен по налогу на прибыль организации, а также по региональным налогам и местному налогу (земельному налогу).

При условии применения инвестиционного налогового кредита организация получает право на уменьшение своих платежей по налогу (не более 50% суммы налога к уплате) в течение определенного срока, при условии последующей поэтапной уплаты суммы кредита и начисленных процентов. Принципы платности, срочности и возвратности в предоставлении инвестиционного налогового кредита в России составляют его главное отличие от конструкций налогового кредита в зарубежных странах. При таком порядке предоставления востребованность инвестиционного налогового кредита со стороны налогоплательщиков крайне мала. На сегодняшний момент инвестиционный налоговый кредит не получил широкого практического распространения на территории России. Причиной этому – сдерживающее воздействие различных факторов как административного, так и экономического характера.

Подводя итог, можно утверждать, что в настоящее время в России разработано достаточное количество инструментов поддержки и стимулирования инновационной активности хозяйствующих субъектов, позволяющих уменьшать им свои налоговые обязательства с целью

направления высвобождаемых средств на реинвестирование инновационной деятельности. Но, вместе с тем, стоит отметить определенные сложности фактического применения перечисленных льгот в связи со сложностями налогового администрирования. Кроме того, использование таких льгот несет определенные риски и для государства, которые выражаются в возможных финансовых потерях от недополучения налоговых платежей. Таким образом, требуется дополнительная глубокая проработка данной проблемы с учетом интересов всех заинтересованных сторон.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Налоговый кодекс Российской Федерации: федер. закон: принят Гос.Думой 16 июля 1998г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: base.garant.ru.
2. Федеральный закон от 24.07.2009 г. № 212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд РФ, Фонд социального страхования РФ, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования». [Электронный ресурс]. Режим доступа: base.garant.ru.
3. Федеральный закон от 28.09.2010 № 244-ФЗ «Об инновационном центре «Сколково». [Электронный ресурс]. Режим доступа: base.garant.ru.
4. Постановление Правительства РФ от 17.06.2015 г. № 600 «Об утверждении перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности». [Электронный ресурс]. Режим доступа: base.garant.ru.
5. Безденежных Я. Особенности учета и налогообложения в инновационных компаниях // Новая бухгалтерия. 2012. № 2. С. 76–95.
6. Брянцева Т.А., Шевченко М.В. Организация системы внутреннего контроля инновационной деятельности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №7. С. 175–180.
7. Брянцева Т.А., Шевченко М.В. К вопросу о внутреннем контроле инновационной деятельности // Белгородский экономический вестник. 2016. № 1 (81). С. 57–62.
8. Бухонова С.М., Шаповалова Т.А. О роли инноваций в современном обществе // Экономика. Общество. Человек: межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 11. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. С 38–41.
9. Королева Л.П., Кандрашкина М.Л. Налоговый кредит как инструмент стимулирования научно – исследовательских и опытно – конструкторских разработок: зарубежный и отечественный опыт // Финансы и кредит. 2015. №30 (654). С 29–39.
10. Современные методы учета, анализа и аудита: монография / под общ. ред. проф. И.А. Слабинской. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 80–89.

Bryantseva T.A., Shevchenko M.V.

TAX INCENTIVES AS A FACTOR INNOVATION ACTIVITY

The implementation of innovative projects remained a challenge for the majority of Russian companies in the construction industry, as it requires substantial financial resources. Improving the system of tax incentives as a tool of state support for innovation would release the funds for the financing of innovation activities.

Key words: innovation, tax benefits, tax system, tax incentives.

Брянцева Татьяна Алексеевна, кандидат экономических наук, старший преподаватель.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г.Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: tatyana.shapoval@mail.ru

Шевченко Мария Владимировна, старший преподаватель.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г.Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail shevmv@mail.ru

Щетинина Е.Д., д-р экон. наук, проф.,
Овчарова Н.В., техник II кат.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИНСТРУМЕНТАРИЙ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИЙ В СИСТЕМЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Kochetckov.volodya@yandex.ru

В настоящей статье рассматриваются современные инструменты коммерциализации инноваций в системе инновационного управления регионом. Изложены базовые предпосылки формирования эффективного инновационного механизма регионального уровня. На основе опросов, оценки и систематизации информации об инновационной деятельности региона, выявлены основные причины недостаточной инновационной активности. Раскрываются факторы ее активизации и содержание основных проблем развития и реализации инновационного продукта – как для предприятий-создателей инноваций, так и предприятий- их потребителей.

Ключевые слова: инновации; инструменты коммерциализации инноваций; инновационная активность; факторы коммерциализации инноваций.

Введение. Актуальность темы обусловлена соответствующими потребностями региона в разрешении определенных научно-практических проблем, связанных с инновационными процессами. Изучению вопросов инновационного развития и коммерциализации новшеств посвящены исследования современных российских ученых: С. Ю. Глазьева, М. Н. Афанасьева, Г.В. Горланова, Г.А. Дробота, А.Д. Некипелова, А. Ю. Зудина, С. П. Перегудова, С.Г. Ходасевича, Ф. И. Шамхалова, Д. С. Евстафьева, Н. И. Иванова, Р. М. Нижегородцева, А. Г. Поршнева, М. Рейнор, А. П. Сушков, Р. А. Фатхутдинов, Н. М. Фонштейн, Е. Д. Щетинина, С. Энтони, С. Ю. Ягудина, А. Яновского, Ю. Шишкова, Е. Ясина и др. Учитывая, что инновационная деятельность охватывает широкий спектр мероприятий по созданию, приобретению, освоению и распространению новых и усовершенствованных видов продукции, услуг, технологий, сырья и материалов, методов организации производства и управления, анализируемых в масштабе отдельного проекта, предприятия, отрасли или области в целом, оценка ее состояния в каждом конкретном случае может осуществляться с применением различных наборов показателей и оценочных критериев. Развитие современных инновационных процессов определяется возрастающей значимостью технологического фактора для повышения конкурентоспособности продукции предприятий и региона. Однако главной проблемой остается низкая скорость коммерциализации инноваций.[1]

Целью данной статьи является рассмотрение предпосылок и факторов развития инструментария коммерциализации инноваций региона на основе анализа специфики и управления этим процессов в рамках системы и условий региональной экономики, которые следует учитывать

при внедрении инноваций на рынок. Также в данной работе рассматриваются факторы, препятствующие коммерциализации инноваций на предприятиях, несмотря на то, что внедрение и коммерциализация инноваций является необходимым элементом модернизации и стабилизации деятельности фирмы [2].

Методология. Методологическую основу статьи определило исследование инновационного механизма как интегратора интересов общей региональной политики, предприятий и рынка, позволившее раскрыть его функции и вскрыть предпосылки и факторы его эффективности. Сущность рыночных инноваций рассматривается как объект территориального и потребительского маркетинга и продвижения, способных поддерживать и обеспечивать инновационную активность, в особенности на стадии коммерциализации рыночных инноваций, от которых, в конечном счете, зависит инновационный успех продукта и успешность региональной системы в целом: как известно, наряду с инвестиционной активностью показатель коммерциализации инноваций прямо влияет на рейтинговую позицию региона.[3]

Основная часть. Стало уже аксиомой утверждение, что одним из основных факторов повышения конкурентоспособности региона, как на внутреннем, так и на внешнем рынках являются инновации. Правительство области ведет планомерную работу по развитию и активизации в регионе научной и инновационной деятельности, а также вовлечению частного бизнеса в процесс технологического развития.[4]

Инновационная деятельность в регионе осуществляется в рамках региональной политики. Под региональной политикой понимают часть экономической политики государства, ко-

торая охватывает комплекс различных законодательных, административных и экономических мероприятий, проводимых как центральными, так и местными органами власти и направленными на регулирование размещения производительных сил, например, «Закон об инвестициях в Белгородской области».[5]

Следует отметить, что использование научно-технических достижений в качестве инструмента повышения конкурентоспособности, рост экономики за счет инновационной продукции определяется рядом технико-технологических, организационно-экономических и институциональных факторов. Система критериев оценки и анализа состояния инновационной деятельности и ее мотивационного поощрения должна охватывать все аспекты и создавать возможность управленческой оценки по всей иерархической цепочке – от процессов реализации отдельных инновационных проектов и технологий, до объективной достоверной оценки инновационной активности как отдельных промышленных предприятий, так и состояния инновационной сферы региона в целом.[6]

Таким образом, для успешной коммерциализации инноваций необходимо определение и наличие ряда условий, их можно разбить на уровни:

- макроуровень (государство- регион- предприятие – создатель инноваций);
- мезоуровень (регион-предприятие);
- микроуровень (предприятие- потребитель).

Для каждого из этих уровней необходимы условия в виде:

- финансовой поддержки;
- информационно-маркетинговой поддержки;
- мотивации всех участников этого процесса;
- организационной поддержки.[7]

Речь идет об инновационном механизме, включающем коммерциализацию инноваций, на уровне региональной политики. Рассмотрим многообразные предпосылки его совершенствования. Во-первых, отметим, что современная конкурентоспособная, а тем более, инновационная продукция является наукоемкой, доля интеллектуальной составляющей в цене реализации такой продукции весьма значительна (80 %). Следовательно, регионы, ориентированные на создание благоприятных условий производства такой продукции, получают дополнительные конкурентные преимущества (в виде дополнительных налоговых доходов бюджета и увеличения доходов населения) не только от роста объемов производства продукции, но и от ее ин-

теллектуальной составляющей. В этом случае сами производства могут быть размещены за пределами региона, принося доход в его экономику, рост объемов инвестиций перестает быть главным ориентиром региональной экономической политики, уступая место пропорциям в предметно-отраслевой структуре инвестиций.[8]

Мы считаем, что эффективность инновационной деятельности отдельного региона, определение ценности продуцируемых инноваций, полнота реализации его инновационного потенциала находятся в зависимости от степени адекватности его (региона) включения в объективные тенденции развития инноваций на микро- и макроуровнях экономического развития, социально-экономического контекста инновационных процессов и соответствующего ему набора методов и инструментов государственного управления.[9]

Далее отметим, что для развития и успешного функционирования региональной инновационной системы необходимо рациональное сочетание федеральной и региональной инновационной политики, а также применение эффективного комплекса мер по стимулированию инновационной активности предприятий Белгородской области в соответствии с приоритетными направлениями промышленной, научно-технической и инновационной политики области.[10]

В составе инструментов регионального инновационного развития следует выделить две группы:

- нормативно-правовые, которые характеризуют степень развития и обоснованность законодательной базы инноватики в стране, регионе, отрасли или на предприятии;
- организационно-методические, определяющие модели инновационного развития, программы, процедуры, планы, прогнозы и устанавливает иерархию полномочий и ответственности исполнителей, структуры инновационных организаций и методики реализации инновационных процессов.[11]

Вместе с тем развитие региональной инновационной системы сдерживается недостатком финансовых институтов и площадок для обмена информацией, низкой обеспеченностью объектами трансфера технологий и прототипирования продукции, необходимыми для поддержки инновационных коллективов на ранних стадиях инновационного цикла. В области сохраняются негативные тенденции, создающие угрозу эффективному инновационному развитию, такие, как:

- ограниченный платежеспособный спрос

на внутреннем рынке на передовые технологии и нововведения;

- неразвитость специальных финансовых механизмов поддержки отдельных элементов инновационной инфраструктуры, инновационного предпринимательства и самостоятельных инновационных проектов,

- низкая информационная прозрачность инновационной сферы;

- низкая инновационная активность ведущих предприятий области,

- недостаток профессиональных инновационных менеджеров;

- недостаточный уровень развития материально-технической базы научных организаций, старение научных кадров;

- недостаточный уровень развития малого инновационного предпринимательства.

Эффективность управления инновациями в регионе выражается в уровне соответствующей деятельности предприятий. При оценке инновационной деятельности предприятий и организаций Белгородской области она обычно оценивается по нескольким основным показателям, в том числе: наличие завершенных инноваций, степень участия предприятия в разработке данных инноваций и наличие на предприятии специализированных подразделений, выполняющих исследования и разработки и др.[12]

С целью выяснения причин низкой инновационной активности нами опрашивались руководители предприятий-потребителей инноваций (ППИ) и предприятий-создателей инноваций (ПСИ) с использованием разработанных опросных листов посредством выбора вариантов ответов на вопросы, наиболее отражающие мнение о характере сложившихся факторах, препятствующих инновационному развитию на предприятиях.

Так как число опрашиваемых было равным (по 30 человек), это обеспечило сопоставимость средних оценок и позволило представить сводные результаты опроса потребителей и руководителей предприятий в обобщенном виде.

Обобщая данные анкетирования руководителей предприятий-создателей инноваций (ПСИ), можно сказать, что более 50 % предприятий осознают необходимость инновационного пути своего развития и выражают намерения внедрения инновационных разработок, но при решении проблем их финансирования или поддержки их деятельности со стороны государства. Также 60 % ПСИ оценивают экономический риск при реализации инновационного продукта сверхвысоким. Проблема недостатка финансовых средств, а также недостаточная поддержка со стороны государства также отмечает-

ся в среднем половиной ПСИ. Основные опасения разработчиков составляют неопределенность спроса на инновационный продукт на рынке, так ответили 16-20 % респондентов. [13]

Приобрести инновационный продукт, по мнению предприятий-создателей инноваций, готовы 41 % потребителей инноваций (ППИ), как следствие, для увеличения спроса необходимо снижение стоимости на инновационные товары – так ответили 40 % ППИ. Большинство предприятий (около 50 %) не обращаются к сторонним организациям для сопровождения инновационных проектов, а используют собственные каналы для коммерциализации инновационного продукта. Важно, что судя по опросу, более 40 % расходов от общих затрат на инновационную деятельность, приходится на коммерциализацию инноваций. Однако рекламой инновационного продукта занимаются специализированные рекламные агентства, так ответили 56,6 % ПСИ. Отметим, что ПСИ волнует вопрос о недостаточном законодательном обеспечении инновационной деятельности, так считают 66,7 % опрошенных руководителей. Причинами медленной коммерциализации инноваций (46,7 % ПСИ) считают низкую платежеспособность потребителей инноваций; 33,3 % - неточную оценку спроса и степени удовлетворения потребностей; 20 % - отсутствие грамотных посредников в коммерциализации инноваций.

Для предприятий-потребителей инноваций (ППИ) самой главной проблемой низкой инновационной активности является высокая стоимость нововведений. Существенным негативным фактором является отсутствие достоверной и доступной всем информации не только о инновационном продукте, но и о его производителе. Кроме того, существенным фактором, сдерживающим ППИ от приобретения инновационного продукта, является недоверие к новому продукту, отсутствие информации о товаре. Таким образом, на основании опроса можно выделить следующие основные факторы, препятствующие реализации инноваций на предприятии (рис. 1).

Исследования показывают, что ключевая предпосылка эффективности инноваций в регионе это соответствующая инфраструктура – в самом широком смысле. С нашей точки зрения, базовыми элементами, входящими в региональную инфраструктурную систему, являются объекты инновационной инфраструктуры на базе БелГУ и БГТУ им. В.Г. Шухова, созданные с целью увеличения доли коммерциализируемых технологий в сфере наноиндустрии.[14]

Коммерческая реализация объектов интеллектуальной собственности БелГУ осуществля-

ется путем заключения лицензионных договоров и договоров отчуждения, исключительных прав.

Общая схема коммерциализации представлена на рисунке 2.



Рис. 1. Основные факторы, препятствующие коммерциализации инноваций

Одним из современных инструментов коммерциализации инноваций выступает краудфандинг. Краудфандинг – современный экономический феномен, суть которого заключается в привлечении средств на коммерческие и некоммерческие проекты среди широкой аудитории, в подавляющем большинстве случаев, посредством сети Интернет. Истории успеха проектов, профинансированных с помощью краудфандинга, достойны внимания и важны для понимания практической составляющей этого феномена. Главным преимуществом краудфандинга перед перечисленными способами поиска средств является широта охвата аудитории потенциальных спонсоров. Краудфандинговые площадки посещают миллионы пользователей. Так «Kickstarter» и «Indiegogo» в день по-

сещают 3,5 и 1,5 млн. человек соответственно. Шанс найти поддержку среди такого большого количества людей значительно выше, чем, например, пытаться добиться участия бизнес-ангела в своём проекте. Интересно то, что чем популярнее становится проект, тем больше людей обращают на него внимание. Это является дополнительным стимулом для поиска финансирования с помощью краудфандинговых площадок.[14].

Выводы. Актуальность проблемы формирования и развития национальной инновационной системы обусловлена общественно-исторической значимостью перехода современной экономики на инновационный путь развития, необходимостью эффективной и комплексной модернизации российской экономики, раз-

работки эффективных инструментов государственной поддержки инновационной деятельности. Исследование причин низкой инновационной активности выявило необходимость разра-

ботки инструментария, соответствующего современным требованиям и его концептуального и методического обоснования.

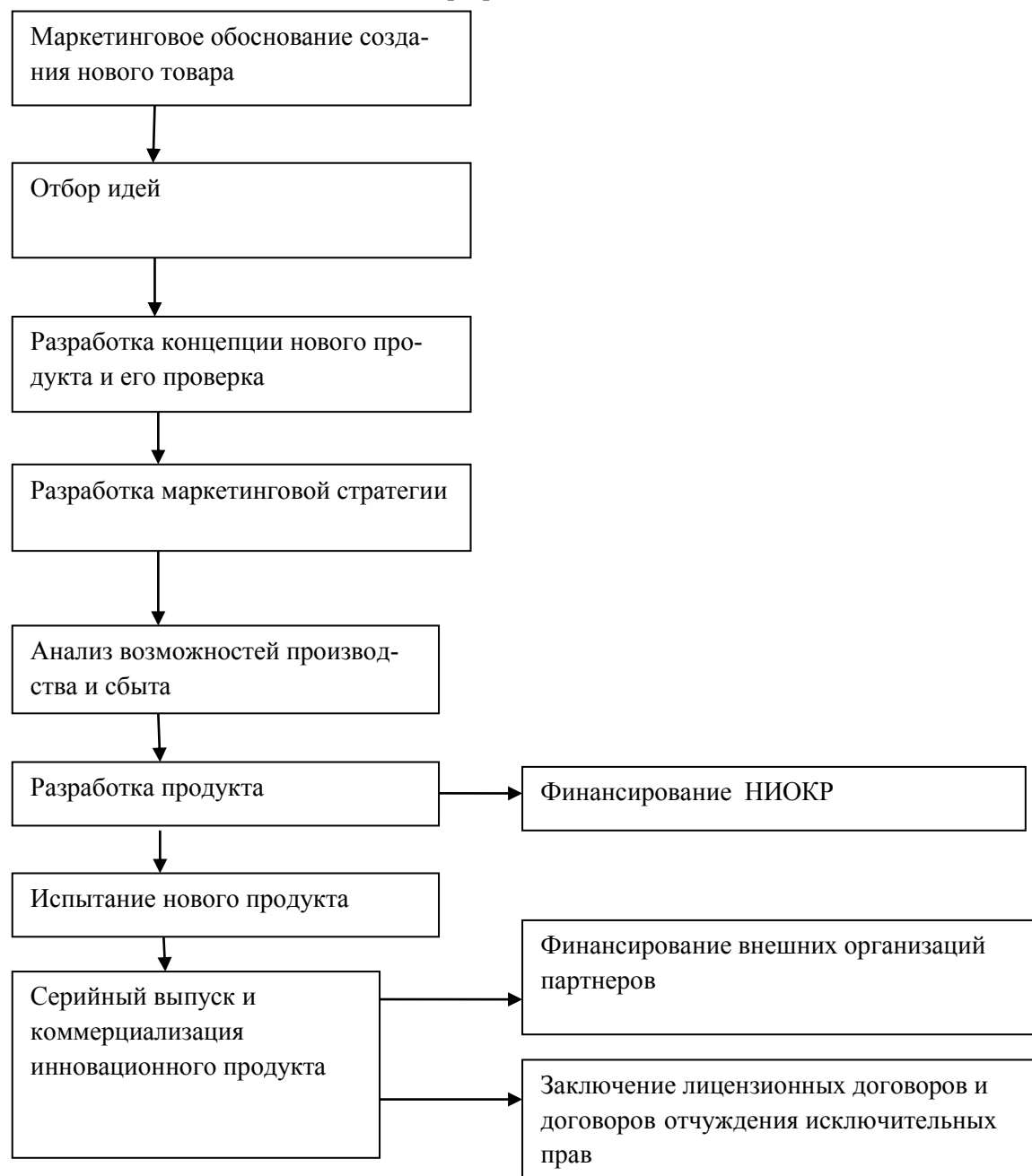


Рис. 2. Создание инновационного продукта и его коммерциализация на примере БелГУ

Представляется, что такой основой может выступить инновационный маркетинг в его наиболее современном формате, а именно:

- обучение кадров – как ППИ, так и ПСИ – инновационному маркетингу и его технологиям;
- развитие и применение социально-медийных технологий изучения спроса на инновации и их продвижения;
- создание гибких интегрированных структур в области маркетинга науки и производства;
- вовлечение в процесс создания и распространения инноваций потребителей – настоящих и будущих;

- ИТ-обеспечение управления созданием и диффузией инноваций;

- внедрение в процесс коммерциализации инноваций нетворкинга, фоллоуинга, использование частных блогов, прочих облачных технологий, что дает больший горизонт информирования об инновационных продуктах, обмена мнениями о них, рекомендаций как пользователей так и разработчиков.[15]

Таким образом, маркетинговые инструменты нового типа используют при оценке инновационных проектов, при выборе и организации способов их продвижения, оценке рыночного

потенциала продукта, формировании инновационного имиджа как отдельных фирм, так и региона в целом, лояльного отношения к бренду и новому товару. Потенциал краудфандинга, как инструмента коммерциализации инноваций велик. С его помощью можно существенно упростить решение проблемы финансирования и маркетинга и тем самым побудить большее количество людей с идеей стартапа реализовать её. За рубежом принимаются значительные усилия для развития этого феномена. В нашей стране краудфандинг появился в 2012 году и быстро набирает обороты. Основные порталы «Planeta» и «Boomstarter» за период своего существования собрали более 250 млн. рублей. Дальнейшие перспективы краудфандинга в нашей стране во многом будут зависеть от законодательного регулирования этого феномена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Амосенко Э.П., Бажанов В.А. Интегральная оценка инновационного потенциала регионов России // Регион: Экономика и Социология. 2006, 450 с.
2. Данилова Т.Н., Грищенко В.А. (2007) Подходы к оценке инновационного потенциала региона // Региональная экономика: теория и практика. №5 2007. С.78–80.
3. Егорова М.В. Метод Инновационного позиционирования региона // Региональная экономика: теория и практика. №5 2007. С. 80–86.
4. Старикова М.С. Развитие инновационного сектора Российской экономики // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №6 С. 122.
5. Ляшин А. Стратегии коммерциализации инноваций – мост между инноватором и бизнесом [Электронный ресурс] // Экономика и жизнь. 2011. №36. 356 с.
6. Мухопад В.И. Коммерциализация интеллектуальной собственности. М.: Магистр, 2010. 511с.
7. Язданифард Р., Надража Р Социальные медиа - маркетинг: преимущества и недостатки // ResearchGate.-сентябрь 2013. 1–11 с.
8. Мединский В.Г. Инновационный менеджмент: Учебник. М.: НИЦ Инфра-М. 2013, 295с.
9. Кучеренко А.И. Методы оценки инновационного потенциала и инновационной активности предприятия // НИР. Экономика фирмы. 2012. №1(1) С 4–13 с.
10. Маховникова Г.А., Ефимова Н.Ф. Инновационный менеджмент М.: ЭКСМО, 2010, 208 с.
11. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О., Опищев П.И. Интеллектуальный капитал как фактор успешного формирования инновационной структуры вуза // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №2. С.192–195.
13. Вертакова Ю.В., Симоненко Е.С. Управление инновациями: теория и практика: учеб. пособи. М.: Эксмо, 2008. 432 с.
14. Овчарова Н.В. Риски применения краудфайдинга как способа финансирования и применения инноваций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. №3. С.214
15. Анохин И.В. Управление развитием предприятия: Стратегический менеджмент, инновации, инвестиции, цены: Учебное пособие - М.: Изд-во торговая корпорация «Дашков и Ко», 2002. 380с.

Shchetinina E.D., Ovcharova N.In.

COMMERCIALIZATION OF INNOVATION IN SYSTEM TOOLKIT REGIONAL ECONOMY

This article discusses the tools of commercialization of innovations. On the basis of an evaluation and systematization of innovation in the region, identified the causes of low innovation activity of enterprises. Reveal factors and content of basic problems, development and implementation of an innovative product, as for enterprises-creators and enterprises-customers.

Key words: *innovation; tools of commercialization of innovations; innovative activity; factors of commercialization of innovation*

Щетинина Екатерина Даниловна, кандидат экономических наук, профессор, заведующая кафедрой маркетинга.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: schetinina@inbox.ru

Овчарова Наталья Владимировна, техник II категории кафедры высшей математики.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: Kochetkov.volodya@yandex.ru

Винник А.Е., ст. препод.,
Прядко С.Н., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ИСТОЧНИКИ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ В УПРАВЛЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫМИ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

vinnik@bsu.edu.ru

В работе представлен теоретический анализ формирования конкурентных преимуществ в управлении экономическими системами региона. На основании проведенного исследования выявлены факторы и активы, которые могут стать ключевыми при формировании стержневых компетенций региона. Представлена модель «Дерево компетенций» на примере Белгородского региона.

Ключевые слова: ключевые (стержневые) компетенции, конкурентные преимущества, нематериальные активы, регион, региональные предприятия, ресурсы, строительная отрасль.

Введение. Современный период пространственного развития экономики России характеризуется повышением активности и самостоятельности отдельных регионов как полноправных субъектов экономических отношений, подобная новая роль которых оказывает существенное влияние на преобразование способов и инструментов конкуренции, приводя, по сути, к формированию особой ее формы – межрегиональной. Усиление неравномерности технологического и экономического развития отдельных регионов объективно сопровождается нарастанием их конкурентного соперничества за возможности доступа к финансовым, инвестиционным, научно-технологическим, трудовым и сырьевым ресурсам, к рынкам сбыта и сферам экономического влияния. Возможности такого доступа к ресурсам, а, следовательно, и перспективы территориального социально-экономического развития определяются уровнем конкурентоспособности региональной экономической системы.

Методология. Основанием для исследования проблемы управления стержневыми компетенциями региона и отдельных отраслей, в том числе и строительной, послужили классические работы зарубежных и отечественных ученых по экономической теории, конкуренции и управлению организациями. Методология основана на использовании общенаучных методов логического и ретроспективного анализа, конкретизирована совокупностью специальных методов.

Основная часть. Согласно новой парадигме управления, рассматривающей регион как квазикорпорацию, он должен не только производить блага, но и формировать нужную среду, привлекать ресурсы и обеспечивать их эффективное использование, создавать необходимые условия для повышения конкурентоспособности предприятий и организаций, а также целых отраслей. Кроме того, в сложившихся условиях не столь важны ресурсы, которыми обладает реги-

он, сколько способность региональных властей и бизнеса в ответ на вызовы рынка, быстро адаптировать существующие ресурсы, а также развивать и создавать новые. Поэтому регионам необходимо самостоятельно находить источники дальнейшего роста и повышения конкурентоспособности за счет развития внутренних конкурентных преимуществ с последующей их трансформацией в стержневые компетенции.

Под стержневыми (ключевыми) компетенциями региона мы предлагаем понимать его способности эффективнее других использовать имеющиеся и создавать недостающие ресурсы, необходимые для обеспечения расширенного воспроизводства основных сфер жизнедеятельности местного сообщества, обеспечивающие своеобразие и конкурентоспособность всех подсистем региональной экономики [1]. Это набор уникальных конкурентных преимуществ, представляющих некую конфигурацию способностей и ресурсов, которые в точности не могут быть воспроизведены другими регионами, и обеспечивающих региональным предприятиям устойчивые лидирующие позиции на рынке. В то время как ресурсы выступают источником способностей, способности являются результатом интеллектуальной деятельности организаций региона и основным источником конкурентного преимущества. Таким образом, в основе ключевых компетенций региона находятся, с одной стороны, природные и производственные ресурсы, которыми он располагает, а с другой – результаты интеллектуальной деятельности физических и юридических лиц, расположенных в соответствующем регионе.

Под категорией «ресурсов» понимаются различные формы факторов производства: от материалов, приобретаемых посредством купли-продажи на рынке, до интеллектуальных ресурсов – брендов, логотипов, внутренних способностей, вырабатываемых в самой системе и накапливаемых организациями региона. Однако

важно отметить, что в современных условиях источником новой добавленной стоимости становится не столько непосредственное производство, сколько нематериальная сфера, что обусловлено наличием компонента знаний в каждом продукте или услуге. Поэтому эффективность оценки и включения в оборот нематериальных активов является ключевым фактором регионального конкурентного успеха, поскольку именно подобные активы играют ведущую роль в формировании ключевых компетенций региона.

В целом, компетенция и есть конкурентное преимущество, которое основывается на новых знаниях. Таким образом, для достижения будущего успеха каждому региону необходимо создавать и развивать собственные компетенции, дающие конкурентное преимущество, а также обеспечивающие интеллектуальное лидерство [7]. В качестве факторов и активов, которые могут стать ключевыми при формировании компетенций региона, мы предлагаем рассматривать:

- географическое положение региона, в том числе и его уникальные природные и производственные ресурсы. Обеспеченность региона ресурсами рассматривается как один из основных факторов достижения конкурентных преимуществ, поскольку, безусловно, регионы, сосредотачивающие хорошие природные и другие ресурсные возможности, имеют определенные преимущества в развитии. Тем не менее, конкурентоспособность напрямую не связана с природными и другими материальными ресурсами, более того, исследователи проблемы под названием «проклятие ресурса» (Ричард Аути, Дж. Сакс, А. Уорнер) показывают, что имеется устойчивая тенденция к застою стран, которые наделены богатыми ресурсами [4]. Кроме того, история показывает, что занять лидирующие позиции в экономике могут и страны, обделенные природными ресурсами, о чем свидетельствует опыт Японии и Израиля. Поэтому с точки зрения долгосрочной перспективы важен не столько запас ресурсов, сколько скорость, с которой они могут создаваться, совершенствоваться и приспосабливаться к потребностям региона;

- имидж, бренд и репутация территории также выступают важными взаимосвязанными и взаимозависимыми стратегическими активами региона, определяющими его перспективы во всех подсистемах экономики. Хорошая репутация региона является ресурсом, который может обеспечить устойчивые конкурентные преимущества, а также прочные партнерские связи, обеспечивая при этом повышение его инвестиционной привлекательности;

- система профессионального образования. Поскольку результатом системы среднего и высшего профессионального образования являются знания, квалификация и компетенции выпускников, новые изобретения и теории, выступающие основой инновационных компетенций, формирование целостного регионального образовательного пространства должно стать приоритетным направлением стратегического развития;

- качество рабочей силы – является важнейшим фактором, определяющим появление и распространение новых технологий и предпосылкой роста потенциала экономики региона по восприятию инноваций, созданию и развитию высокотехнологичных промышленных производств;

- институциональное знание, сосредоточенное в региональных организациях, в том числе качественное правовое и законодательное обеспечение жизнедеятельности людей;

- геополитический и геоэкономический потенциал региона как основа благоприятных экономических связей и отношений.

Регион, также как и диверсифицированную корпорацию по теории К.К. Прахалада и Г. Хамела, можно представить в виде «дерева компетенций», что на примере Белгородской области наглядно отображено на рисунке 1.

«Корневую систему дерева компетенций» региона составляют его географическое положение с уникальными ресурсами и природно-климатическими условиями, сформировавшийся имидж территории, играющий важную роль для привлечения инвестиций, а также качество рабочей силы. В сочетании с развитой инфраструктурой и системой профессионального образования, делающей регион привлекательным как с точки зрения получения образовательных услуг, так и с позиции импорта бизнес – моделей и образовательных технологий, данные компетенции способствуют развитию таких секторов экономики региона как сельское хозяйство, строительство и добывающая промышленность.

Однако, в связи с украинскими событиями и соответствующим ростом рисков в приграничных областях, Белгородская область в 2015-2016г.г. понизила свою привлекательность для покупателей жилья и прочих агентов, заняв 18 место в рейтинге регионов страны [8]. Данный факт свидетельствует о том, что такое естественное конкурентное преимущество, как географическое положение, является важным, но недостаточным фактором обеспечения долгосрочной конкурентоспособности региона. Акцент должен быть сделан на нетрадиционные

инструменты и неосязаемые активы региона. Поэтому, для обеспечения стратегических приоритетных направлений развития необходимо укреплять геоэкономический и геополитический капитал как важнейшие нематериальные активы региона.

Анализ статистических данных по проблеме исследования показал, что основные социально-экономические показатели региона имеют положительную динамику (табл. 1).

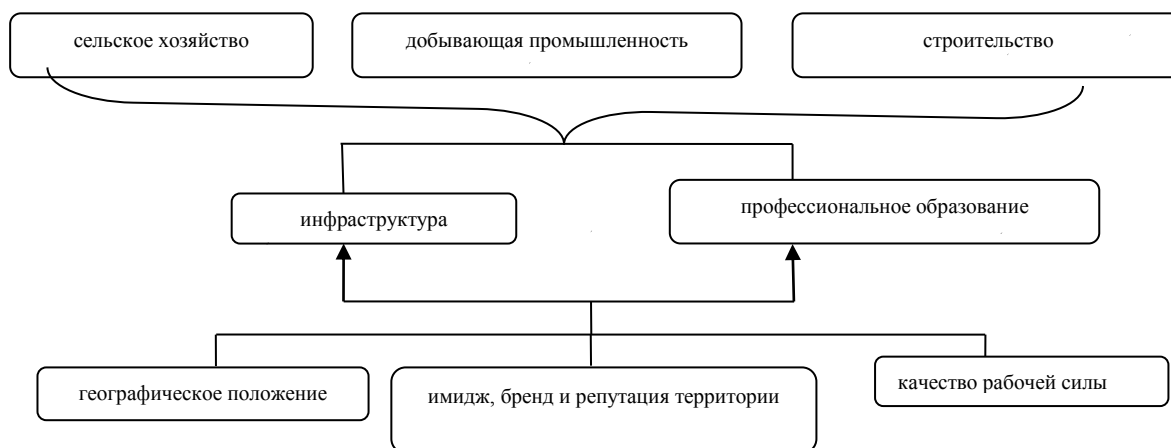


Рис 1. «Дерево компетенций» на примере Белгородского региона

Таблица 1

**Динамика отдельных показателей социально-экономического развития
Белгородской области [5]**

Наименование показателя	2015 год (к 2014 году в сопоставимых ценах)	2016 год (к 2015 году в сопоставимых ценах)
Индекс промышленного производства, %	104,7	104,7
Выпуск продукции сельского хозяйства, %	104,1	106,5
Объем выполненных работ в строительстве, млрд. руб.	56,7 (113,4 %)	54,6 (87,5 %)
Оборот розничной торговли, млрд. руб.	270,4 (91,8 %)	298,7 (101,7 %)

Согласно представленным данным видно, что индекс промышленного производства составил 104,7 %. Отмечен рост во всех отраслях экономической деятельности региона, однако существенный рост наблюдается в химическом производстве – 133,5 %, производстве машин и оборудования – почти 120 % и производстве резиновых и пластмассовых изделий – 115 %.

Оборот розничной торговли увеличился по сравнению с 2015 годом на 1,7 %, оборот общественного питания – на 0,2 %, а объем платных услуг населению – на 0,1 %. По итогам года в эксплуатацию сдано 1 350,3 тыс. кв. м жилья. Статистические данные подтверждают, что ведущими секторами экономики, обеспечивающими основной объем валового регионального продукта Белгородской области, являются промышленность, сельское хозяйство, строительство, а также розничная и оптовая торговля, что свидетельствует о том, что конкурентные преимущества, развитые в ключевые компетенции,

определяют основные направления развития и обеспечивают конкурентоспособность региональной экономической системы.

Резюмируя вышеизложенное отметим, что компетентностный подход в управлении социально – экономическими системами позволяет на основе уникальных и сложно имитируемых знаний, умений, навыков и способностей сформировать эффективную стратегию, позволяющую соответствовать изменчивым условиям современной экономики. Однако зачастую применение такого подхода затруднено отсутствием системы внедрения соответствующих методик в имеющиеся механизмы управления, а также при множестве теоретических исследований феномена ключевых компетенций, на практике отсутствует единый методологический подход к оценке стержневых компетенций социально – экономической системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Винник А.Е. Концепция стержневых компетенций как основа конкурентоспособности региональной экономики // Научные ведомости Белгородского государственного университета. 2014. №8 (179). Вып. 30/1. С. 26–31.

2. Воцкий А.З. Регион в глобальной экономике: новый взгляд на конкурентные преимущества // Вестник Челябинского государственного университета. 2008. №19. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/region-v-globalnoy-ekonomike-novyuy-vzglyad-na-konkurentnye-preimushchestva>.

3. Глаголев С.Н., Дорошенко Ю.А., Манин А.В. Инвестиционно-инновационный потенциал региона: сущность, значение, импакт-факторы и способы оптимизации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. № 2 (50). С. 127–131

4. Калужнова Н.Я. Роль форсайта в повышении конкурентоспособности региона в «но-

вой экономике»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: adb2c593b8f90ec08cfc03e573256368.

5. Официальный сайт Департамента экономического развития Белгородской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.derbo.ru/other/strateg-planir-soc-ec-razv-dop-menu/soc-economical-progress/pokazateli-soc-ekonom-razvitiya-1.html>

6. Прядко С.Н., Винник А.Е. Формирование ключевых компетенций в управлении региональных предприятий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Экономические науки. 2017. №1. С. 219–222.

7. Томшинская И.Н. Эффективность функциональной сферы региона на примере научно-образовательной подсистемы Санкт-Петербурга // Проблемы современной экономики. 2015. №1 (53). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=5311>.

8. Щетинина Е.Д., Кондрашов И.Б. Нематериальные активы региона: сущность, роль и функции в системе управления региональной конкурентоспособностью // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №12. С. 245–251.

Vinnik A.E., Pryadko S.N.

SOURCES OF COMPETITIVE ADVANTAGES IN THE MANAGEMENT OF REGIONAL ECONOMIC SYSTEMS

The article presents a theoretical analysis of formation of competitive advantages in the management of economic systems in the region. On the basis of the conducted research identified factors and assets which might be crucial in the formation of the core competencies of the region. The article presents a model of «The tree of competencies» on the example of the Belgorod region.

Key words: key (core) competencies, competitive advantages, intangible assets, region, regional enterprises, resources, building industry.

Винник Алина Евгеньевна, старший преподаватель кафедры менеджмента и маркетинга. Белгородский государственный национальный исследовательский университет.
Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85
E-mail: vinnik@bsu.edu.ru

Прядко Светлана Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга. Белгородский государственный национальный исследовательский университет.
Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85
E-mail: pryadko_s@bsu.edu.ru

DOI: 10.12737/article_58e613383985b3.58961357

*Герасименко О.А., канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Авилова Ж.Н., канд. соц. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

ПОНЯТИЕ, ПРИЗНАКИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРАКТОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КАК ФОРМЫ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В РЕГИОНЕ

gerasimenko@bsu.edu.ru

Государственно-частное партнерство (ГЧП) в России стало развиваться в середине 2000-х годов. Первый виток бурного развития ГЧП связан с проектами, финансируемыми за счет средств Инвестиционного фонда. Параллельно с проектами Инвестиционного фонда развивались концессионные проекты. Мировой финансово-экономический кризис поставил под угрозу реализацию отдельных ГЧП-проектов в России потому, что как государство, так и частный бизнес стали еще более осторожно подходить к инвестированию средств. В то же время у государства и у частного бизнеса не исчезла потребность в развитии инфраструктурных проектов. Именно поэтому актуальным стал вопрос о поиске новых форм ГЧП. Новой формой ГЧП, уже доказавшей свою эффективность в зарубежных странах, для России стали КЖЦ. Данные контракты могут быть реализованы при сохранении бюджетного финансирования (что выгодно частному партнеру) и, с другой стороны, позволяют государству при вложении бюджетных средств быть уверенным в том, что они будут эффективно расходоваться, а создаваемый объект инфраструктуры будет соответствовать установленным функциональным параметрам.

Ключевые слова: *государственно-частное партнерство, регион, контракт жизненного цикла, партнер, механизм.*

Введение. Пристальное внимание органов государственной власти к КЖЦ было обращено после поручения Первого заместителя Председателя Правительства РФ И. Шувалова МЭР РФ, Минтрансу РФ, ФСТ и Минфину РФ от 24 октября 2009 г. о разработке предложений по реализации КЖЦ в России. Впоследствии тема КЖЦ обсуждалась на заседании президиума Государственного совета по вопросу инновационного развития транспортного комплекса, состоявшемся 24 ноября 2009 г. в Ульяновске [1]. По итогам совещания Президентом РФ были даны поручения Правительству РФ о разработке нормативных правовых актов, направленных, в частности, на обеспечение возможности реализации КЖЦ. Наконец, необходимость применения КЖЦ с целью привлечения частных инвестиций в рамках реализации инфраструктурных проектов была отмечена в Бюджетном послании Президента РФ Федеральному Собранию от 29 июня 2010 г. «О бюджетной политике в 2011–2013 годах».

Методология. Основанием для исследования проблемы развития государственно-частного партнерства послужили фундаментальные труды классиков научной мысли по широкому спектру проблем, а также современные работы зарубежных и отечественных ученых по вопросам функционирования и развития сотрудничества бизнеса и государства.

В процессе исследования были использованы диалектический метод, предопределяющий изучение явлений в их постоянном развитии и взаимосвязи. В работе применялись также методы ситуационного, структурно-функционального, экономико-статистического, компаративного анализа, табличная и графическая интерпретация эмпирико-фактологической информации.

Основная часть. Модель КЖЦ при реализации проектов на принципах ГЧП нашла широкое распространение в зарубежных странах. Рассмотрим кратко опыт Великобритании, Нидерландов и Португалии в использовании модели КЖЦ (на примере строительства высокоскоростных железнодорожных магистралей).

В Великобритании КЖЦ реализуются, как правило, на основе модели «Частная финансовая инициатива» [2], которая, по существу, представляет собой более распространенную в других странах схему «Проектирование, строительство, финансирование и эксплуатация» [3]. Самым значимым проектом в железнодорожной отрасли Великобритании является проект создания высокоскоростного соединения между Лондоном и туннелем под проливом Ла-Манш. Согласно условиям проектного соглашения частный партнер осуществлял проектирование, строительство, финансирование, эксплуатацию, ремонт и техническое обслуживание железнодо-

рожной магистрали. Министерство транспорта Великобритании, в свою очередь, приняло на себя обязательство по финансированию проекта посредством предоставления денежных грантов, а также необходимых прав в отношении земельных участков. Помимо этого, после начала реализации проекта существенная часть финансирования была обеспечена гарантией Правительства.

Первым проектом в сфере высокоскоростных железнодорожных магистралей в Нидерландах является проект строительства железной дороги HSL-Zuid между городами Амстердам, Брюссель и Париж. Стоимость проекта составляет порядка 2,6 млрд. долларов США. Для реализации проекта была создана специальная проектная компания HSL, которая осуществляет управление консорциумом компаний, представляющих частного партнера по КЖЦ. В их число входят организации, осуществляющие строительство (консорциум Infrarail), выполняющие функции инфраструктурного провайдера (консорциум Infrasppeed) и отвечающие за управление движением транспорта по магистрали (консорциум High Speed Alliance). Государственным партнером выступает Министерство транспорта, общественных работ и управления водными ресурсами Нидерландов. Согласно КЖЦ Правительство Нидерландов перечисляет провайдеру ежегодный платеж за обеспечение доступности инфраструктуры железнодорожной магистрали HSL, что позволяет провайдеру инфраструктуры компенсировать свои расходы на содержание объекта и обеспечить возврат инвестиций. Необходимо отметить, что размер предусмотренного платежа за доступность инфраструктуры находится в непосредственной зависимости от фактической доступности объекта.

Португалия также активно участвует в создании общеевропейской сети высокоскоростных железнодорожных магистралей. На данный момент приоритетными проектами в этой сфере являются железнодорожные линии Лиссабон – Порто, Лиссабон – Мадрид, Порто–Виго, проектирование, строительство и эксплуатацию которых предполагается осуществить на основе КЖЦ сроком на 40 лет. Со стороны государственного партнера выступает публичная компания «РАВЕ – Сеть высокоскоростных железных дорог» (RAVE – Rede Ferroviária de Alta Velocidade, S.A. (RAVE)), 60% доли в капитале которой принадлежит Правительству Португалии, 40% – организации «РЕФЕР – Национальная сеть железных дорог» (REFER – Rede Ferroviária Nacional, E.P.E.), национальной организации, регулирующей государственную сеть железных дорог. Во всех вышеуказанных проек-

тах стратегические функции управления вопросами распределения загрузки транспортом на стадии эксплуатации сохраняются у организации «РЕФЕР – Национальная сеть железных дорог». Известно, что инвестиции в создание железнодорожной магистрали Лиссабон – Мадрид составят порядка 2,4 млрд. евро, железнодорожной магистрали Лиссабон – Порто – около 4,5 млрд. евро, железнодорожной магистрали Порто – Виго – около 845 млн. евро. Ввод в эксплуатацию первых участков высокоскоростных железнодорожных магистралей планируется не ранее 2013 г [4,5].

КЖЦ является одной из контрактных форм ГЧП, используемых в зарубежных странах. Термин «контракт жизненного цикла» является переводом термина «Life Cycle Contract», используемого в Скандинавии. В некоторых европейских странах данный контракт называется DBFM (Design–Build– Finance–Maintain) и является одной из разновидностей концессий. Во Франции такие контракты называются «партнерскими контрактами». В настоящем обзоре контракт жизненного цикла определяется как контрактная форма ГЧП, в соответствии с которой государственный партнер на конкурсной основе заключает с частным партнером соглашение на проектирование, строительство и эксплуатацию объекта на срок жизненного цикла объекта и осуществляет оплату по проекту равными долями после ввода объекта в эксплуатацию при условии поддержания частным партнером объекта в соответствии с заданными функциональными требованиями (рис.1) [6].

Из вышеприведенного определения вытекают следующие ключевые характеристики КЖЦ, отличающие данную разновидность контрактов от иных контрактных механизмов ГЧП, применимых в России:

- данный контракт охватывает все три этапа жизни объекта – проектирование, строительство, эксплуатацию;
- частный партнер по КЖЦ самостоятельно принимает все проектные и технические решения, необходимые для выполнения проекта, и несет все технические риски и риски проектных решений.
- изначально привлечение финансирования в проект осуществляется частным партнером в лице специальной проектной компании;
- государственный партнер осуществляет платежи по проекту только с момента начала эксплуатации объекта;
- оплата по проекту представляет собой ежегодную (или ежеквартальную) «плату за сервис» и зависит только от выполнения

функциональных требований по контракту. В случае их невыполнения специальная проектная компания подвергается штрафным санкциям, оговоренным в контракте;

- КЖЦ не включает в себя вопросы оперирования, т. е. сбора платы за пользование инфраструктурным объектом. Платежи за сервис, которые осуществляет государство, привязаны только к качеству объекта;

- права собственности на объект инфраструктуры могут возникать как у публичной, так и у частной стороны – в зависимости от специфики конкретного проекта;

- платежи за сервис от государственного партнера должны быть гарантированы на весь период контракта [7].



Рис. 1. Организационно-правовая форма КЖЦ

Вопрос о правовой природе КЖЦ является определяющим для разработки законодательства о КЖЦ. Прежде всего, необходимо ответить на вопрос о том, возможно ли заключить КЖЦ по российскому законодательству и является ли КЖЦ отдельным видом договора. О том, что заключение КЖЦ возможно, свидетельствует гражданско-правовой принцип свободы договора, согласно которому стороны свободны выбирать условия договора и заключать любые договоры, как предусмотренные Гражданским кодексом РФ, так и прямо не предусмотренные законодательством (но не противоречащие ему). КЖЦ договор представляет собой смешанный договор ввиду его комплексности и регулирования предмета на стыке различных правовых сфер. Нормами ГК РФ (статья 421) предусмотрено, что стороны могут заключить договор, содержащий элементы различных договоров,

предусмотренных законом или иными правовыми актами (смешанный договор). При этом к отношениям сторон по смешанному договору применяются в соответствующих частях правила о договорах, элементы которых содержатся в смешанном договоре, если иное не вытекает из соглашения сторон или существа смешанного договора [8]. КЖЦ договор содержит в себе элементы договора строительного подряда, подряда на выполнение проектных и изыскательских работ, договора возмездного оказания услуг, и т. п. Соответственно, обоснованным является вывод о том, что КЖЦ возможно реализовывать на основе норм ГК РФ. Однако данное утверждение верно лишь для КЖЦ, реализуемых двумя частными партнерами. Такие контракты находятся вне сферы регулирования ГЧП, так как в них отсутствует публичный элемент. При реализации КЖЦ с финансово-

имущественным участием государства, предусматривающих предоставление бюджетных средств в виде сервисных платежей, встает вопрос о необходимости наличия специальной процедуры для заключения подобных контрактов. На данный момент процедура заключения контрактов с участием государства на федеральном уровне предусмотрена в рамках ФЗ «О концессионных соглашениях» [9] или ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд» [10].

Преимущества государственного партнера применения КЖЦ:

1. Общественная полезность. В основу КЖЦ заложен принцип общественной полезности создаваемого или реконструируемого объекта КЖЦ. Отличительной чертой КЖЦ от иных механизмов ГЧП является то обстоятельство, что в КЖЦ государственная сторона нуждается в определенной общественно полезной услуге, которую предполагается оказывать с использованием объекта КЖЦ. С этим связано основное преимущество КЖЦ для государства, так как частный партнер, по сути, помогает государству в осуществлении государственных, социально значимых функций. В особенности данное преимущество проявляется на примере инфраструктурных объектов (дорог, мостов, портов, аэродромов): эксплуатация большого количества подобных объектов не является экономически оправданной и не позволяет в разумные сроки осуществить возврат вложенных в создание объекта инвестиций. В то же время создание таких объектов может играть значимую социальную роль обеспечения транспортной доступности населенных пунктов, регионов с высоким пассажирским и грузовым потенциалом или слабо развитой инфраструктурой.

2. Минимизация рисков некачественного проектирования. Другим преимуществом КЖЦ является то обстоятельство, что государственная сторона не осуществляет разработку проектно-сметной документации для реализации проекта – это относится к обязательствам частного партнера. По сути, государство перекладывает все проектные, строительные и эксплуатационные риски на частного партнера. Само государство лишь определяет основные технические и функциональные показатели объекта КЖЦ и контролирует их соблюдение на стадии эксплуатации. Такими функциональными показателями могут быть определенная пропускная способность аэропорта или

железнодорожной магистрали, максимально допустимое число дорожно-транспортных происшествий на автомобильной трассе и т. д.

3. Отсутствие разрыва ответственности частного партнера за проектирование и строительство. В соответствии с традиционной схемой государственного контракта отдельно выбирается исполнитель на разработку проектно-сметной документации и на основании отдельного конкурса – исполнитель, осуществляющий строительство объекта. В отличие от государственного контракта при заключении КЖЦ проводится единый конкурс на проектирование, строительство и эксплуатацию объекта. Соответственно, частный партнер мотивирован на качественное выполнение проектирования, поскольку он несет ответственность за все три стадии (проектирование, строительство, эксплуатация). Таким образом, в рамках КЖЦ риск разрыва ответственности за проектирование и строительство практически исключен.

4. Оплата по контракту только в случае поддержания объекта в соответствии с функциональными параметрами. В связи с тем, что предметом КЖЦ является не только проектирование, строительство или реконструкция объекта недвижимости, но и поддержание его функциональных характеристик, государственный партнер осуществляет выплаты по проекту только с момента начала эксплуатации объекта. При этом размер оплаты может уменьшаться, если частный партнер не обеспечивает соблюдение функциональных требований и параметров. Такая конструкция является крайне выгодной для государственного партнера, так как он не несет финансовых рисков ненадлежащей эксплуатации объекта.

5. Оплата по контракту «в рассрочку». Одним из значительных преимуществ государственного партнера при использовании КЖЦ-схемы в отличие, к примеру, от традиционных государственных закупок также является то, что у государства не возникает необходимости сразу резервировать в бюджете значительную сумму на строительство инфраструктурного объекта, поскольку оплата происходит с момента ввода объекта в эксплуатацию и разбита на более мелкие транши, выплачиваемые в установленные временные периоды.

6. Отсутствие непредсказуемых будущих затрат на поддержку инфраструктуры. Одним из ключевых преимуществ КЖЦ перед государственным контрактом является то, что после ввода инфраструктурного объекта,

созданного по КЖЦ, в эксплуатацию бремя содержания объекта в полном объеме лежит на частном партнере. В отличие от КЖЦ объем расходов и затрат на ремонт и содержание объекта, созданного по государственному заказу, зависит от того, насколько качественно подрядчики – исполнители по государственным контрактам осуществили работы по проектированию и строительству объекта, а бремя содержания объекта несет государство.

Преимущества частного партнера применения КЖЦ:

1. Возможность получения от государства крупного контракта на проектирование–строительство–эксплуатацию. КЖЦ является выгодным для частного партнера, поскольку позволяет ему по итогам единого конкурса выполнять проектирование, строительство и эксплуатацию объекта, получая после ввода его в эксплуатацию гарантированные платежи из бюджета (при выполнении условий контракта).

2. Свобода в выборе проектных и технических решений. Поскольку КЖЦ-схема предполагает, что частный партнер самостоятельно разрабатывает проектно-сметную документацию, он свободен в выборе своих проектных технических решений и самостоятельно разрабатывает методику достижения определенных в КЖЦ функциональных показателей.

3. Возможность привлечения финансирования на выгодных условиях. Наличие финансовых обязательств государства по КЖЦ позволяет частному партнеру привлекать заемные средства для финансирования проекта на более выгодных условиях.

4. Отсутствие риска спроса. Основным преимуществом КЖЦ для частного партнера является то, что он не несет риск спроса на предоставляемую услугу. Оператором объекта КЖЦ является государственный партнер или назначенная им компания-оператор. Все доходы от эксплуатации объекта получает государство. Частный партнер несет обязательство по обеспечению надлежащего качества объекта и соблюдению функциональных требований к объекту. В таком случае он получает предусмотренную КЖЦ плату за сервис в полном объеме, не осуществляя при этом сбор доходов с конечных потребителей предоставляемой услуги. Отсутствие необходимости и обязательства эксплуатации объекта КЖЦ ведет также к такому положительному эффекту для частного партнера, как упрощение его функциональной структуры.

5. Возможность снижения затрат на строительство и эксплуатацию за счет качественного проектирования и применения передовых технологий. Поскольку, как отмечалось, частный партнер выбирается на все три стадии реализации проекта по итогам единого конкурса, он вправе предложить свои качественные проектные решения, оптимизирующие процесс строительства и эксплуатации объекта [11].

Выводы. В текущей экономической ситуации КЖЦ рассматриваются как один из наиболее эффективных инструментов ГЧП. Для государства КЖЦ имеет следующие преимущества:

- общественная полезность; и минимизация рисков некачественного проектирования;
- отсутствие разрыва ответственности частного партнера за проектирование и строительство;
- оплата по контракту только в случае поддержания объекта в соответствии с функциональными параметрами;
- отсутствие разрыва ответственности частного партнера за проектирование и строительство;
- оплата по контракту только в случае поддержания объекта в соответствии с функциональными параметрами;
- оплата по контракту «в рассрочку»;
- отсутствие непредсказуемых будущих затрат на поддержку инфраструктуры.

Для частного партнера преимущества КЖЦ заключаются в следующем:

- возможность получения от государства крупного контракта на проектирование–строительство–эксплуатацию;
- свобода в выборе проектных и технических решений;
- возможность привлечения финансирования на выгодных условиях;
- отсутствие риска спроса;
- возможность снижения затрат на строительство и эксплуатацию за счет качественного проектирования и применения передовых технологий.

Принципиальных ограничений на реализацию КЖЦ в российском законодательстве нет. Более того, два и более частных субъекта могут реализовывать КЖЦ на основе норм гражданского законодательства. Для реализации КЖЦ с участием публичного элемента необходимо наличие соответствующей конкурсной процедуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. LEGAL ANALYTICS: PPP & INFRASTRUCTURE Контракт жизненного цикла – новый механизм ГЧП в России. 2010. С. 2–7.
2. Тхориков Б.А. Методология индикативного управления // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 10. С. 154–157.
3. Семибратский М.В. Бюджетная стратегия региона в новых экономических условиях России // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2014. Т. 29. № 1-1 (172). С. 41–45.
4. Дорошенко Ю.А., Климашевская А.А. Технологическая модернизация предприятий: барьеры, критерии принятия решения и механизм реализации // Белгородский экономический вестник. 2015. № 2 (78). С. 20–27.
5. Дорошенко Ю.А., Никулина Т.Ю. Особенности создания регионального венчурного фонда посевных инвестиций на условиях государственно-частного партнерства // Белгородский экономический вестник. 2012. № 3 (67). С. 3–7.
6. Варнавский В.Г. Управление государственно-частными партнерствами за рубежом. // Вопросы государственного и муниципального управления, 2012. № 2. С. 134–147.
7. Лихачев В. Практический анализ современных механизмов ГЧП в зарубежных странах, или как реализовать ГЧП в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный: <http://www.aper.ru/ru/uploadfiles/PPP.pdf>.
8. Часть 3 ст. 421 Гражданского кодекса РФ (часть первая) от 30 ноября 1994 г. № 51-ФЗ.
9. ФЗ от 21 июля 2005 г. № 115-ФЗ «О концессионных соглашениях».
10. ФЗ от 21 июля 2005 г. № 94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд».
11. Парфенова Е.Н. Проблемы методики оценки региональных инвестиционных проектов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2009. Т. 12. № 15-1. С. 22–27.

Gerasimenko O.A., Avilova Z.N.

CONCEPT, CHARACTERISTICS AND BENEFITS OF CONTRACT LIFE CYCLE AS A FORM OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN THE REGION

This article analyzes the legal framework and the nature and prospects of Russia's regions and new forms of public-private partnership - the life cycle of contracts. In the present study examines the historical background of the emergence of the life cycle of contracts, the main differences from other forms of public-private partnerships, the possible scope of the life cycle of contracts in Russia, the benefits for the public and private partners from their sale.

Key words: public-private partnership, region, the life cycle of a contract partner, mechanism.

Герасименко Ольга Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

E-mail: gerasimenko@bsu.edu.ru

Авилова Жанна Николаевна, кандидат социологических наук, доцент кафедры социологии и управления. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова.

Адрес: Россия, 308000, Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: janna-avilova@mail.ru

DOI: 10.12737/article_58e6133817c026.51606223

¹Безуглый Э.А., канд. экон. наук,²Кутергин Н.Б., канд. педагог. наук,¹Алексеев Н.А., проф.,¹Ковалева Е.Г., канд. техн. наук¹Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина²Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ БАНК РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ЭМИССИЯ НАЛИЧНЫХ ДЕНЕГ И ОРГАНИЗАЦИЯ ДЕНЕЖНОГО ОБРАЩЕНИЯ

vladislav.thebotareff@yandex.ru

Для российской экономики 2015 год был периодом адаптации к падению цен на нефть и другим внешним шокам, проявившимся еще в 2014 году. В этих условиях перед Центральным Банком России стояли непростые задачи: способствовать максимально быстрой и безболезненной подстройке экономики к работе в новой реальности, добиваясь при этом снижения инфляции и инфляционных ожиданий, а также обеспечивая устойчивость банковской и финансовой систем. Выбранная стратегия действий позволяет адекватно отвечать на эти вызовы.

Ключевые слова: эмиссия денег, курс рубля, платежный оборот, банкноты, монеты.

Введение: Российская экономика в 2015 году продолжала испытывать негативные последствия сохранявшихся санкций и контрсанкций, ограничений доступа российских компаний к внешним финансовым ресурсам. Мировые цены на основные товары российского экспорта продолжали снижаться. Эти факторы привели к ослаблению рубля и, как следствие, ускорению инфляционных процессов. Инфляция по итогам 2015 года составила 12,9 % и оказалась выше, чем в предыдущем году. Впервые с 2009 года уменьшился объем ВВП, продолжилось сокращение инвестиций в основной капитал, при сложившемся высоком уровне занятости населения снизилась производительность труда.

Методология: В процессе реализации денежно-кредитной политики Центральный Банк России постоянно контролирует величину и структуру денежной массы в обращении.

Видами денег, имеющими законную платежную силу на территории Российской Федерации, являются банкноты и металлические монеты, которые обеспечиваются всеми активами Центрального Банка России (ЦБР), резервами кредитных учреждений, находящимися на счетах ЦБР.

Основная часть: Несмотря на сложные макроэкономические и внешние условия, банковский сектор сохранил устойчивость. Увеличение капитала банковского сектора, в том числе благодаря мерам государственной поддержки, создавало предпосылки для расширения банковского кредитования, осуществления вложений в облигации субъектов Российской Федерации и ипотечные облигации, роста объемов ипотечного жилищного кредитования. Соотношение активов банковского сектора и ВВП по итогам 2015 года превысило 100 %. Не произошло

системного долгового кризиса, приток сбережений населения свидетельствовал о сохранении доверия к банкам.

Важными задачами ЦБР являются бесперебойное обеспечение платежного оборота банкнотами и монетой различных номиналов, повышение эффективности бизнес-процессов наличного денежного обращения, связанных с обработкой, хранением и транспортировкой денежной наличности, при минимизации рисков.

В 2015 году потребность экономики в наличных деньгах обеспечивалась полностью и своевременно.

В отчетном году наблюдалось изъятие из оборота денежной наличности, которое составило 317,1 млрд. рублей, в том числе количество банкнот уменьшилось на сумму 322,1 млрд. рублей, количество монеты увеличилось на сумму 5,0 млрд. рублей. В 2014 году эмиссия наличных денег составила 533,2 млрд. рублей.

Количество наличных денег в обращении (с учетом наличных денег в кассах учреждений Банка России) уменьшилось по сравнению с предыдущим годом на 3,6 %, что объясняется сокращением реальных располагаемых денежных доходов населения, снижением потребительского спроса, а также развитием безналичных розничных платежей.

По состоянию на 1 января 2016 года в обращении находилось денежных знаков Банка России, включая монету из драгоценных металлов, на сумму 8531,4 млрд. рублей, в том числе банкнот – на сумму 8448,4 млрд. рублей, монеты – на сумму 82,7 млрд. рублей, монеты из драгоценных металлов – на сумму 0,3 млрд. рублей. В общей сумме наличных денег банкноты составили 99,0 %, монета – 1,0 %, в общем количе-

стве денежных знаков банкноты составили 9,0 %, монета – 91,0 %.

В купюрном составе наличной денежной массы, находящейся в обращении, удельный вес банкнот номиналом 5000 рублей увеличился за отчетный период с 68,6 до 70,5 %. Одновременно сократились доли банкнот номиналом 1000 рублей (с 24,9 до 23,6 %), банкнот номиналом 500 рублей (с 4,6 до 4,1 %). Удельные веса банкнот номиналом 100, 50, 10 и 5 рублей остались практически на уровне 2014 года.

В 2015 году банкноты номиналом 10 рублей замещались монетой аналогичного номинала, количество которой возросло на 8,3 %.

Центральным Банком России осуществлялся мониторинг состояния наличного денежного оборота и изучение его структуры, анализ купюрного состава наличной денежной массы, находящейся в обращении и в резервных фондах учреждений Банка России, его соответствие потребностям платежного оборота.

По итогам 2015 года наличный денежный оборот, проходящий через кассы учреждений Банка России и кредитных организаций, снизился по сравнению с предыдущим годом на 2,7 % и составил 99,0 трлн. рублей. Снизились поступления по основным источникам: выручка от продажи товаров и реализации платных услуг – на 3,9 %, поступления от продажи населению наличной иностранной валюты – на 20,4 %, поступления на счета по вкладам физических лиц – на 2,0 %. Также отмечалось снижение по следующим направлениям выдач: со счетов по вкладам физических лиц – на 13,1 %, с банковских счетов физических лиц – на 11,9 %. Вместе с тем увеличились выдачи при покупке у физических лиц наличной иностранной валюты – на 25,0 %.

В 2015 году проводилась работа по совершенствованию нормативной базы Банка России в области организации наличного денежного обращения, ведения эмиссионных и кассовых операций, хранения, инкассации и перевозки наличных денег с учетом изменений, произошедших в экономике и законодательстве Российской Федерации.

По состоянию на 1 января 2016 года на кассовом обслуживании в учреждениях ЦБР находилось 6518 кредитных организаций и их подразделений и 15 035 организаций, не являющихся кредитными. В 2015 году количество кредитных организаций и их подразделений, находящихся на кассовом обслуживании в учреждениях Банка России, уменьшилось на 1379 единиц вследствие структурных изменений в банковском секторе. Количество находящихся на кассовом обслуживании в учреждениях Банка Рос-

сии организаций, не являющихся кредитными, снизилось на 27 958 единиц, что объясняется закрытием в учреждениях Банка России банковских счетов организаций бюджетной сферы.

Банк России продолжал работу по оптимизации количества кассовых центров, снижению затрат на обработку, хранение и перевозку денежной наличности, а также улучшению условий труда кассовых работников.

23 декабря 2015 года была выпущена в обращение памятная банкнота Центрального Банка России номиналом 100 рублей, посвященная вхождению в состав Российской Федерации двух новых субъектов – Республики Крым и города федерального значения Севастополя. Информация о художественном оформлении и признаках подлинности памятной банкноты Банка России размещена на официальном сайте Банка России в сети интернет.

В 2015 году учреждениями Банка России было проведено 0,98 млн. экспертиз денежных знаков Банка России, в том числе 0,52 млн. экспертиз по исследованию сомнительных денежных знаков и 0,46 млн. экспертиз контроля правильности обмена банкнот и монеты. В отчетный период в банковской системе России были обнаружены, изъяты из платежного оборота и переданы в органы внутренних дел 71 949 поддельных банкнот и монет Банка России, что на 10,3 % меньше, чем в 2014 году.

Доля поддельных банкнот номиналом 1000 рублей в общем числе подделок в 2015 году составила 23,0 % (в 2014 году – 20,6 %). Доля поддельных банкнот номиналом 5000 рублей уменьшилась на 2,7 процентного пункта и составила 73,2 %.

Наибольшее количество поддельных денежных знаков выявлено в Центральном и Северо-Западном федеральных округах.

Доля поддельных денежных знаков Центрального Банка России, выявленных в кредитных организациях, снизилась по сравнению с 2014 годом на 0,4 процентного пункта и составила 35,4 % от общего объема выявленных подделок.

В 2015 году учреждениями Банка России и кредитными организациями были выявлены и переданы в органы внутренних дел поддельные банкноты иностранных государств (группы иностранных государств) в количестве 3257 штук, что на 46,1 % больше аналогичного показателя 2014 года.

В 2015 году Банк России выпустил в обращение 75 видов монет из драгоценных металлов (10 золотых, 65 серебряных), а также 18 видов памятных монет из недрагоценных материалов.

Выводы. В 2015 году Центральный Банк России продолжил работу по обеспечению стабильного бесперебойного платежного оборота российской экономики банкнотами и монетами в соответствии с законодательством Российской Федерации и Стратегией развития национальной платежной системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кяттов А.К. Инструменты и методы регулирования экономики Центральными Банками и финансовыми структурами в современных условиях // Научный журнал. №6 (7). 2016. С. 110–112.
2. Джикаева И.В. Центральный Банк Российской Федерации как регулятор банковской системы // Актуальные вопросы экономических наук. №51. 2016. С. 30–34.
3. Анпилова М.Н., Лукшина К.Ю., Гулько А.А. Роль Центрального Банка в формировании современного платежного пространства России // Экономика и предпринимательство. №1-1 (66-1). 2016. С.35–38.
4. Романько А.Н. Роль Центрального Банка Российской Федерации (Банка России) В бюджетном процессе субъектов Российской Федерации // Ленинградский юридический журнал. 2012. № 4 (30). С. 99–106.
5. Коровина А.В. К вопросу об эффективности политики Центрального Банка Российской Федерации в условиях стагфляции / В сборнике: XXIX Международные Плехановские чтения Сборник статей: в трех томах. 2016. С. 153–157.
6. Акимов Н.А. Положение Центрального Банка Российской Федерации в системе органов государственной власти // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Юриспруденция. 2016. № 2. С. 16–23.
7. Штанько А.А. Нормативные акты Центрального Банка Российской Федерации в структуре нормативных правовых актов органов государственной власти Российской Федерации // Право и образование. 2016. № 7. С. 129–141.
8. Сенная И.К. Оценка антикризисных мер правительства и Центрального Банка в Российской Федерации / В сборнике: Учет, анализ, аудит и статистика: фундаментальные и прикладные научные исследования сборник научных трудов по материалам I международной научно-практической конференции. 2016. С. 213–219.
9. Кунев С.В. К вопросу о конституционно-правовом статусе Центрального Банка Российской Федерации // Огарёв-Online. 2016. № 8 (73). С. 2.
10. Муминов М.А. Анализ валютной политики Центрального Банка Российской Федерации за 2012-2014 года / В сборнике: МОЛОДАЯ НАУКА Сборник трудов. 2015. С. 124–127.
11. Тимофеев С.В. Деятельность Центрального Банка Российской Федерации в условиях финансового кризиса // Вестник РГГУ. Серия: Экономика. Управление. Право. 2016. № 1 (3). С. 49–54.
12. Григорян М.А., Сирбиладзе К.К. Скорая помощь Центрального Банка Российской Федерации банковской системе // Экономика и предпринимательство. 2016. № 5 (70). С. 691–694.
13. Васильева А.Г., Кузнецова Н.В. центральный банк российской федерации как государственный орган денежно-кредитного регулирования национальной экономики // Наука Красноярья. 2016. № 3-2 (26). С. 48–58.
14. Кобитович К.Я. Роль Центрального Банка Российской Федерации как мегарегулятора на рынке ценных бумаг. В книге: институт финансово-кредитных отношений в условиях рыночных трансформаций / Сборник статей научно-практических семинаров кафедры государственных финансов и банковского дела Института экономики и управления (структурное подразделение) ФГАОУ ВО "Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского". 2015. С. 161–163.
15. Бурлачка А.О. Центральный Банк Российской Федерации как орган страхового надзора // Юридический вестник Ростовского государственного экономического университета. 2014. № 3 (71). С. 17–21.

Bezugly, E.A., Kutergin N.B., Alekseev N.A., Kovaleva E.G.

THE CENTRAL BANK OF THE RUSSIAN FEDERATION: THE ISSUE OF CASH AND ORGANIZATION OF MONETARY CIRCULATION

In modern conditions the issue of funds does the state represented by the Central Bank of the Russian Federation. Modern money is characterized by a variety of forms, which is associated with many commodity, monetary and financial transactions used in the financial and economic activities.

Money issue is one of the main elements of the monetary system of any state in which there are a variety of economic processes.

Key words: *emission of money, the exchange rate, payment transactions, bank notes, coins.*

Безуглый Эдуард Александрович, кандидат экономических наук, доцент кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин. Белгородского юридического института МВД России им. И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, 71

E-mail: vladislav.thebotareff@yandex.ru

Кутергин Николай Борисович, кандидат педагогических наук кафедры физического воспитания и спорта.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, 46

E-mail: vladislav.thebotareff@yandex.ru

Алексеев Николай Алексеевич, профессор кафедры физического воспитания.

Белгородского юридического института МВД России им. И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, 71

E-mail: vladislav.thebotareff@yandex.ru

Ковалева Екатерина Геннадьевна, кандидат технических наук кафедры информационно-технологической деятельности ОВД

Белгородского юридического института МВД России им. И.Д. Путилина.

Адрес: Россия, 308024, Белгород, ул. Горького, 71

E-mail: vladislav.thebotareff@yandex.ru

DOI: 10.12737/article_58e6133799b604.58489912

Ткаченко Ю.А., канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Вяткина Е. О., канд. экон. наук
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

ВНУТРЕННИЙ КОНТРОЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ФИЛИАЛАХ СТРОИТЕЛЬНОГО ВУЗА

tkach_y@mail.ru

Строительные ВУЗы, организующие и реализующие на практике образовательный процесс, как правило, имеют в своей структуре филиалы, которые осуществляют набор и организуют обучение непосредственно в регионе, где находится филиал, т.е. на местах. В связи с этим, по нашему мнению, процесс обучения в филиалах должен так же проходить процедуру внутреннего контроля образовательного процесса, т.к. является ключевым звеном в организации обучения и посредником между обучающимися и куратором курса. В статье авторы обосновали необходимость проведения внутреннего контроля образовательного процесса в филиалах высшего учебного заведения. Выделили основные этапы и формы контроля, учитывая специфику указанного образовательного процесса и удаленность филиалов от высшего учебного заведения.

Ключевые слова: образовательный процесс, филиал высшего учебного заведения, внутренний контроль, строительство.

Введение. Вспомогательную функцию куратора курса структурного подразделения удаленного образования в филиалах выполняет сотрудник филиала, т.е. представитель. В функционал представителя филиала входят следующие основные задачи:

- организация приемной комиссии (агитация абитуриентов, организация и проведение вступительных испытаний, заключение договоров, формирование личных дел);
- организация образовательного процесса (помощь обучающимся, выполнение функций по организации и проведению вебинаров);
- документация (прием заявлений от обучающихся, формирования отчетов по оплате за обучение и иных затребованных документов);
- иные функции, возлагаемые на представителя по распоряжению руководителя образовательного учреждения [1, 2].

Анализ существующей практики организации образовательного процесса показал, что кроме представителя, который организует работу с обучающимися и куратором структурного подразделения, в филиале должны находиться сотрудники, отвечающие за техническую оснащенность удаленности образовательного процесса.

Представитель должен взаимодействовать с куратором, который находится в структурном подразделении головного ВУЗа, и совместно выполнять функции по организации обучения, используя для этого современные информационные и коммуникационные технологии (электронная почта, skype).

В связи с тем, что организация образовательного процесса для обучающихся филиалов напрямую зависит от деятельности сотрудников филиала, проведение внутреннего контроля в филиале является обязательным для системы обучения в целом.

При организации проведения внутреннего контроля образовательного процесса необходимо четко обозначить механизм взаимодействия отдела внутреннего контроля с руководством ВУЗа и структурными подразделениями, ответственными за работу филиалов [3].

Анализ показал, что проведение внутреннего контроля образовательного процесса в филиалах, особенно строительного направления, можно разделить на основные этапы:

а) Квалификационные требования к:

1. Сотрудникам филиалов, курирующих обучающихся;
2. Сотрудникам, осуществляющих контроль за техническим оснащением образовательного процесса.

б) Техническая оснащенность и функционирование информационных технологий (компьютеры, специализированные программы) [4, 5];

в) документация, представляемая в структурное подразделение ВУЗа;

г) организация удаленного образовательного процесса.

Внутренний контроль образовательного процесса в филиалах строительного ВУЗа можно разделить на два вида:

1. Выездная проверка – сотрудник отдела внутреннего контроля, согласно плану внутрен-

ней проверки, выезжает в филиал, проводит проверку согласно утвержденному плану на предмет ведения документов, работы со студентами филиала, оснащенность техникой и программным обеспечением образовательного процесса, ведения документации представителями филиала и соблюдения должностных инструкций [6, 10].

2. Проверка информации, представляемой из филиала (проводится в головном ВУЗе) – сотрудник отдела внутреннего контроля осуществляет проверку документов, работы сотрудников и иной информации, полученной из

филиала в структурное подразделение ВУЗа, осуществляющем обучение.

Основные этапы и формы проведения внутреннего контроля [7, 8, 9], представленные в таблице 1, помогут контролерам спланировать работу на год, в т.ч. время командировок, закупку билетов, планирование расходов на поездки, подготовку специализированных документов для поездок, предварительную проверку в виде опроса представителей и сотрудников головного ВУЗа, относящиеся к удаленному образовательному процессу.

Таблица 1

Формы внутреннего контроля основных этапов обучения в филиалах

Основные этапы внутреннего контроля в филиале	Форма проверки	Плановое время проверки	Примечание
Квалификационные требования к сотрудникам	Выездная	Раз в год, перед началом учебного процесса	Курсы повышения квалификации можно проводить в головном ВУЗе
Техническая оснащенность образовательного процесса	Выездная	Перед началом семестра (2 раза в год)	Возможна проверка методом тестирования из головного ВУЗа
Документация по образовательному процессу представляемая филиалами	На месте	В течение года, согласно плану проверки структурного подразделения	-
Организация образовательного процесса	Выездная На месте	В течение образовательного процесса	Форма проверки зависит от этапа образовательного процесса

При этом план проведения внутреннего контроля филиала составляется перед началом учебного года и согласовывается с Ректором ВУЗа, руководителем управления по региональному развитию, руководителем филиала, руководителем структурного подразделения осуществляющего обучение по филиалам (декан, директор).

Перед проведением проверки, контролер собирает информацию с управления регионального развития и структурного подразделения по филиалам [11, 12].

Указанные подразделения представляют по требованию контролера запрашиваемую информацию в установленный срок.

Контролер анализирует полученную информацию, после чего составляет план внутренней проверки, представленный в таблице 2, и утверждает форму его выполнения – выездная или на месте, о чем информирует Ректора ВУЗа и директора филиала.

По результатам проверки внутренний контролер пишет заключение и рекомендации по деятельности филиала, которое представляет руководству ВУЗа [13].

На основании полученных результатов принимаются корректирующие мероприятия, которые должны провести ответственные структурные подразделения и филиал.

Можно сделать вывод, что основная часть работы по организации образовательного процесса в филиале лежит на представителе филиала, это означает, что уровень его квалификации напрямую влияет на качество образовательного процесса.

Из этого следует, что контрольные процедуры по квалификационным требованиям сотрудников филиала должны выполняться в первую очередь [15].

Рекомендуется проводить повышение квалификации сотрудников не реже раза в год перед началом учебного года. Повышение квалификации можно выполнять путем сбора представителей в головном ВУЗе и/или по средствам дистанционных курсов.

В программе повышения квалификации должны участвовать сотрудники ответственных структурных подразделений, специалисты в области образовательных технологий, технический персонал ВУЗа, и по необходимости приглашенные специалисты в области методического сопровождения обучения [14].

При этом сотрудники филиалов должны иметь такую же высокую квалификацию и знания в области образовательных технологий, как и работник в головном ВУЗе, в первую очередь, это связано с тем, что работа в филиалах напрямую влияет на качество представляемого образования в целом.

Таблица 2

План проведения внутренней проверки этапов образовательного процесса в филиалах

Объект проверки	Предмет проверки	Форма проверки	Контрольные процедуры	Ответственный сотрудник
1 этап – Приемная комиссия				
Организация вступительных испытаний	- Документация (экзаменационные листы, протоколы); - Техническая работа компьютеров для прохождения вступительных испытаний	Выездная	Опрос, сопоставление документов с образцами, наблюдение	Ответственный секретарь приемной комиссии в филиале
Заключение договоров	Формы договоров	Выездная	Сопоставление заключаемых договоров с образцами	Ответственный секретарь приемной комиссии в филиале
Формирование личных дел	- Прием документов по перечню; - Проверка подлинности документов; - Проверка правильности заполнения документов	- Выездная; - На месте, по факту представления личных дел в структурное подразделение по филиалам	Сопоставление документов с образцами	Представитель филиала
2 этап – образовательный процесс				
Документация	- Заявления и иные документы студентов; - Копии приказов по работе ВУЗа; - Копии приказов о движении контингента обучающихся; - Иные документы из структурного подразделения по контингенту обучающихся	Выездная	- Проверка наличия документов; - Сопоставления по наличию документов	Представитель филиала
Работа со студентами	- Своевременная помощь обучающимся; - Информационная полнота сайта филиала - Форма общения с обучающимися (электронная почта и иное); - Открытость информации для обучающихся	На месте (по средствам Интернет)	- Ознакомление с сайтом; - Обращение к представителю филиала	Представитель филиала
Работа с куратором структурного подразделения по работе с филиалам	- Запрашиваемые документы для организации учебного процесса (отчет об оплате, отчет о посещаемости вебинаров); - Своевременное представление информации кураторам	На месте (по факту проверки структурного подразделения)	Ознакомление с документами по запросу от куратора	Представитель филиала; Куратор курса; Директор филиала
Работа с руководителем структурного подразделения/управления регионально-го развития	- Отчетность за работу; - Представление отчетов по работе с обучающимися	На месте (по факту проверки структурного подразделения)	Ознакомление с документами по запросу от руководителя	Представитель филиала

3 этап – Государственная итоговая аттестация (ГИА)				
Работа с выпускниками	- Контроль за предоставлением справок с места практики обучающимися; - Контроль за предоставлением заявлений с выбором тем в срок; - Контроль за соблюдением выполнения плана выпускной работы	На месте (по факту проверки структурного подразделения)	Ознакомление с документами по запросу	Представитель филиала
Организация студентов на ГИА	- Работа с обучающимися по организации сдачи ГИА; - Запрос документов с головного ВУЗа; - Приезд в головной ВУЗ с целью вспомогательной функции (по необходимости)	Выездная На месте	Ознакомление с документами по запросу; Наблюдение	Представитель филиала
4 этап - архив				
Сдача личных дел в архив	Представления документов в головной ВУЗ по запросу специалистов	На месте	Проверка документов по факту	Представитель филиала

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вяткина Е.О. Система внутреннего контроля образовательного процесса в системе дистанционного обучения /Е.О. Вяткина// Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2015. Том 7. № 1 (2015) Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/48PVN115.pdf>

2. Вяткина Е.О. Регламентация проведения внутреннего контроля образовательного процесса в системе дистанционного обучения // «Евразийский союз ученых» Ежемесячный научный журнал. 2015. № 1(18)/2015. Ч. 3. С. 123–125.

3. Ткаченко Ю.А. Документирование внутреннего контроля // Белгородский экономический вестник. 2014. № 4 (76). С. 192–202.

4. Хахонова Н.Н., Плахотя Т.В. Принципы построения системы внутреннего контроля в образовательных учреждениях // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2010. № 2. С. 130–138.

5. Бурцев В.В. Организация системы внутреннего контроля коммерческой организации. М.: Экзамен, 2000. 320 с.

6. Соколов Б.Н. Внутренний контроль в коммерческой организации (организация, методики, практика). М.: Альянс Пресс, 2006. 132 с.

7. Слабинская И.А., Ткаченко Ю.А. Формирование системы внутреннего контроля российских компаний в условиях мирового экономического кризиса // Белгородский экономический вестник. 2009. № 2 (54). С. 58–67.

8. Слабинский Д.В. Способы выявления мошенничества и их диагностика // Белгородский экономический вестник. 2010. №2 (58). С. 71–74.

9. Ткаченко Ю.А., Сухорученко Е.А. Специализированные подразделения системы внутреннего контроля // Белгородский экономический вестник. 2014. № 1 (73). С. 108–111.

10. Ткаченко Ю.А. Документирование внутреннего контроля // Белгородский экономический вестник. 2014. № 4 (76). С. 192–202.

11. Чинова Л.П., Слабинская И.А., Ткаченко Ю.А. Учет расходов на содержание службы внутреннего контроля // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2015. № 3. С. 64–67.

12. Ткаченко Ю.А., Курило Е.В. Проблемы обеспечения экономической безопасности хозяйствующего субъекта // Белгородский экономический вестник. 2016. № 3 (83). С. 62–66.

13. Ткаченко Ю.А., Шевченко М.В. Комплаенс-контроль как ключевой фактор в управлении экономическим субъектом // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 196–199.

14. Slabinskaya I.A., Tkachenko Y.A., Benderskaya O.B., Slabinskiy D.V., 2014. Internal controls organization: a methodology approach. World Applied Sciences Journal. Т. 30, 10:1205–1207.

15. Irina A. Slabinskaya, Iuliia A. Tkachenko, Denis V. Slabinskiy and Aleksandr A. Mitrokhin,

2015. Approaches to the Performance of Economic Management, 9: 1136-1140.
Agent Internal Control. International Business

Tkachenko Yu.A., Vyatkina E.O.

**INTERNAL CONTROL OF EDUCATIONAL PROCESS IN BRANCHES OF CONSTRUCTION
HIGHER EDUCATION INSTITUTION**

The construction academy organizing and realizing in practice educational process, as a rule, have branches which recruit in the structure and will organize training of students directly in the region where there is a branch, i.e. on places. In this regard, in our opinion, process of training in branches has to undergo also the procedure of internal control of educational process since is a key link in the organization of training and the intermediary between the student and the curator of a course. In article authors have proved need of carrying out internal control of educational process for branches of a higher educational institution. Have allocated the main stages and forms of control, considering specifics of the specified educational process and remoteness of branches from a higher educational institution.

Key words: educational process, branch of a higher educational institution, internal control, construction.

Ткаченко Юлия Александровна, кандидат экономических наук, доцент.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: tkach_y@mail.ru

Вяткина Екатерина Олеговна, кандидат экономических наук, заместитель директора заочного и открытого образования.
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации.
Адрес: Россия, Москва, Ленинградский проспект, д. 64
E-mail: Evyatkina@yandex.ru

Научное издание

**«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова»
№ 4, 2017 г.**

Научно-теоретический журнал

**Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова
Компьютерная верстка А.В. Федоренко
Дизайн обложки Е.А. Гиенко**

Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации ПИ №ФС77-26533

Сдано в набор 10.03.17. Подписано в печать 09.04.17. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 25,23. Уч.-изд. л. 27,13

Тираж 1000 экз. Заказ 24. Цена договорная.

Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 336 Лк.
Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала
«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».
Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова

