

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

BUILDING AND RECONSTRUCTION

№5 (61) 2015

сентябрь-октябрь

II МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

“МЕТОДОЛОГИЯ ЭНЕРГО-
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ”



СИМФЕРОПОЛЬ, СУДАК,
28 СЕНТЯБРЯ - 2 ОКТЯБРЯ 2015 г.

Теория инженерных сооружений.
Строительные конструкции

The theory of engineering
constructions. Construction
design

Безопасность зданий
и сооружений

Building and structure
safety

Архитектура
и градостроительство

Architecture
and urban development

Строительные материалы
и технологии

Building materials
and technology



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC-TECHNICAL AND PRODUCTION JOURNAL

СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)

Редакционный совет:

Голеников В.А. д.т.н., проф., председатель
Радченко С.Ю. д.т.н., проф.,
зам. председателя
Борзенков М.И. к.т.н., доц., секретарь
Астафичев П.А. д.ю.н., проф.
Иванова Т.Н. д.т.н., проф.
Киричек А.В. д.т.н., проф.
Колчунов В.И. д.т.н., проф.
Константинов И.С. д.т.н., проф.
Новиков А.Н. д.т.н., проф.
Попова Л.В. д.э.н., проф.
Степанов Ю.С. д.т.н., проф.

Главный редактор:

Колчунов В.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.

Заместители главного редактора:

Данилевич Д.В. к.т.н., доц.
Колесникова Т.Н. д. арх., проф.
Коробко В.И. д.т.н., проф.

Редколлегия:

Бок Т. д.т.н., проф. (Германия)
Бондаренко В.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Гордон В.А. д.т.н., проф.
Емельянов С.Г. советник РААСН, д.т.н., проф.
Карпенко Н.И. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Клюева Н.В. советник РААСН, д.т.н., проф.
Коробко А.В. д.т.н., проф.
Король Е.А. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.
Римшин В.И. чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.
Сергейчук О.В. д.т.н., проф. (Украина)
Серник И.Н. д.т.н., проф.
Тамразян А.Г. д.т.н., проф.
Тур В.В. д.т.н., проф. (Белоруссия)
Турков А.В. д.т.н., проф.
Федоров В.С. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Чернышов Е.М. акад. РААСН, д.т.н., проф.
Шах Р. д.т.н., проф. (Германия)

Ответственный за выпуск:
Савин С.Ю. к.т.н.

Адрес редакции:

302006, Россия, г. Орел,
ул. Московская, 77
Тел.: +7 (4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru
E-mail: str_and_rek@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство:
ПИ № ФС77-47354 от 03 ноября 2011 г.

Подписной индекс 86294 по объединенному
каталогу «Пресса России»

© ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2014

Содержание

Теория инженерных сооружений.

Строительные конструкции

Дьяков А.И. Экспериментальные исследования силового взаимодействия отдельно стоящих фундаментов с грунтовым основанием при малоциклических нагрузках.....	3
Дьяков И.М. Экспериментальные исследования живучести массивных подпорных стен при образовании внезапных вывалов.....	11
Колчунов Вл.И., Яковенко И.А., Лымар Я.В. Жесткость железобетонных плосконапряженных составных конструкций при наличии различных трещин.....	17
Лютов Л.В. Анализ работы нагельного соединения деревянных брусков с тонкой стальной пластиной.....	26
Морозов В.В., Морозова Е.В. Напряженно-деформированное состояние лицевой мембранны мембранный подпорной стенки при различных углах наклона.....	33
Травуш В.И., Колчунов В.И., Дмитриева К.О. Длительная прочность и устойчивость сжатых стержней из древесины.....	40
Федоров В.С., Левитский В.Е., Соловьев И.А. Модель термосилового сопротивления железобетонных элементов стержневых конструкций.....	47
Безопасность зданий и сооружений	
Калайдо А.В. Оценка облучения радоном в эксплуатируемых многоэтажных зданиях.....	56
Шишкина И.В., Матюшин Д.В. Экологическая реконструкция территории, находящейся в зоне влияния объектов городского транспортного строительства.....	63
Архитектура и градостроительство	
Дворецкий А.Т., Авдоныев Е.Я., Моргунова М.А. Формообразование стационарных солнцезащитных устройств с использованием суточного конуса солнечных лучей.....	71
Строительные материалы и технологии	
Леснов В.В., Ерофеев В.Т., Салимов Р.Н., Смирнов В.Ф. Исследование стойкости модифицированных эпоксидных композитов, используемых для каркасных бетонов, в модельной среде продуктов метаболизма грибов.....	78
Любомирский Н.В., Бахтин А.С., Шуляк Е.Ю. Формирование прочности газокарбоната в зависимости от условий твердения.....	84
Федоров С.С., Клюева Н.В., Бакаева Н.В. Оптимизация процесса управления системой теплоснабжения зданий.....	90
Шаленный В.Т., Балакчина О.Л. Развитие методики оценки себестоимости монтажно-демонтажного процесса по замене элементов покрытия промзданий для обоснования рациональной области применения вертолетов.....	96
Шевелев А.С. Использование программных продуктов при расчете строительных конструкций как средство оптимизации расходов в строительстве.....	107

BUILDING AND RECONSTRUCTION

The founder – federal state budgetary educational institution of the higher vocational training
«State University – Educational-Science-Production Complex»
(State University ESPC)

Editorial council:

Golenkov V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.,
president
Radchenko S.Y. Doc. Sc. Tech., Prof.,
vice-president
Borzenkov M.I. Candidat Sc. Tech.,
Assistant Prof.
Astafichev P.A. Doc. Sc. Law., Prof.
Ivanova T.N. Doc. Sc. Tech., Prof.
Kirichek A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Konstantinov I.S. Doc. Sc. Tech., Prof.
Novikov A.N. Doc. Sc. Tech., Prof.
Popova L.V. Doc. Ec. Tech., Prof.
Stepanov Y.S. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief

Kolchunov V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editor-in-chief assistants:

Danilevich D.V. Candidat Sc. Tech., Assistant Prof.
Kolesnikova T.N. Doc. Arc., Prof.
Korobko V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.

Editorial committee

Bock T. Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)
Bondarenko V.M. Doc. Sc. Tech., Prof.
Gordon V.A. Doc. Sc. Tech., Prof.
Emelyanov S.G. Doc. Sc. Tech., Prof.
Karpenko N.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Kljueva N.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Korobko A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Korol E.A. Doc. Sc. Tech., Prof.
Rimshin V.I. Doc. Sc. Tech., Prof.
Sergeychuk O.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Ukraine)
Serpik I.N. Doc. Sc. Tech., Prof.
Tamrazyan A.G. Doc. Sc. Tech., Prof.
Tur V.V. Doc. Sc. Tech., Prof. (Belorussia)
Turkov A.V. Doc. Sc. Tech., Prof.
Fyodorov V.S. Doc. Sc. Tech., Prof.
Chernyshov E.M. Doc. Sc. Tech., Prof.
Schach R. Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)

Responsible for edition:

Savin S.Yu. Candidat Sc. Tech

The edition address: 302006, Orel,
Street Moscow, 77
+7 (4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru
E-mail: oantc@ostu.ru

Journal is registered in Russian federal service
for monitoring communications, information
technology and mass communications
The certificate of registration:
III № FC77-47354 from 03.04.11 г.

Index on the catalogue of the «Pressa Rossii»
86294

© State University ESPC, 2014

Contents

Theory of engineering structures. Building units

Dyakov A. Experimental research of power interaction of the separate bases with the soil basis at low-cyclic loadings.....	3
Dyakov I. Experimental studies of the survivability of massive retaining walls education in sudden fall out.....	11
Kolchunov V.I., Yakovenko I., Limar V. The rigidity of reinforced concrete flat-strained composite constructions in the presence of different cracks.....	17
Lyutov L. ANSYS analysis of load-bearing behavior and failure mechanism of thin steel plate to timber dowel connection.....	26
Morozov V., Morozova E. Stress-strain state of frontal membranes of retaining walls with different slope angles	33
Travush V., Kolchunov V., Dmitrieva K. Long-term strength and stability of compressed wood rods.....	40
Fedorov V., Levitsky V., Solovyev I. Reinforced concrete thermal-power model for plane frame elements.....	47

Building and structure safety

Kalaydo A. Analysis of radon exposure in existing high-rise buildings.....	56
Shishkina I., Matyushin D. Ecological reconstruction of the territory which is in the zone of influence of objects urban transport construction.....	63

Architecture and town-planning

Dvoretsky A., Avdonev E., Morgunova M. Forming of stationary shading devices using of solar rays daily cone.....	71
---	----

Construction materials and technologies

Lesnov V., Erofeev V., Salimov R., Smirnov V. The study of resistance of modified epoxy composites used for carcass concrete, in the modelling media of the products of metabolism of filamentous fungi.....	78
Lyubomirskiy N., Bahtin A., Shulyak E. Formation of a strength of gas-carbonates depending on the consolidation conditions	84
Fedorov S., Klyueva N., Bakaeva N. Optimization of a heat supply management system	90
Shalenniy V., Balakchina O. The development of the estimation methodics to justify rational applying of helicopters for assembly and dismantling processes to replace elements of the covering of industrial buildings	96
Shevelev A. The usage of software products at calculation of building constructions as way to optimize the expenses in building industry.....	107

ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

УДК 624.151.5

ДЬЯКОВ А.И.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОТДЕЛЬНО СТОЯЩИХ ФУНДАМЕНТОВ С ГРУНТОВЫМ ОСНОВАНИЕМ ПРИ МАЛОЦИКЛИЧНЫХ НАГРУЗКАХ

Проведен анализ экспериментальных данных, полученных при испытании моделей отдельно стоящих фундаментов на песчаном основании при малоциклических нагрузках. Выявлены основные особенности напряженно-деформированного состояния моделей фундаментов и грунтового основания, а также характер его изменения при различных режимах нагружения. Определено влияние малоциклических нагрузок на прочность фундаментов на продавливание. Установлено, что наличие предварительных нагрузжений, связанных с малоциклической нагрузкой, приводит к повышению несущей способности на продавливание и увеличению общей осадки фундамента.

Ключевые слова: отдельно стоящие фундаменты, малоциклические нагрузки, предварительные загружения, эпюра контактных напряжений, продавливание, уплотнение грунта

Постановка проблемы

Современные условия эксплуатации зданий и сооружений приводят к возникновению нагрузок на фундаменты, специфика которых не всегда учитывается в нормативных методиках расчета. Одними из таких нагрузок являются малоциклические нагрузки. Отдельные исследования [1 - 5] показали, что малоциклические нагрузки оказывают существенное влияние на работу фундамента и грунтового основания и могут приводить к изменению прочности конструкций.

Большинство экспериментальных исследований работы отдельно стоящих фундаментов при малоциклических нагрузках, проведенных разными авторами, были ориентированы либо на изучение поведения грунта при штамповом испытании, либо на выявление особенностей напряженно-деформированного состояния фундамента без учёта процессов, происходящих в грунтовом основании. Учитывая влияние на работу системы «фундамент-грунт» каждого ее компонента, актуально проведении экспериментальных исследований, направленных на комплексное изучение силового взаимодействия фундаментов с грунтовым основанием при воздействии малоциклических нагрузок и создание на их основе методики расчета.

Анализ достижений и публикаций

Значительный вклад в изучение особенностей работы грунтового основания при статических и малоциклических нагрузлениях внесли Мурзенко Ю.Н., Вронский А.В., Гохфельд Д.А., Садаков О.С., Теняков А.А., Дорошкевич И.М., Знаменский В.В. и др. Авторами выявлены различные аспекты поведения грунтового основания при сложных режимах нагружения, установлен ряд характерных закономерностей напряженно-деформированного состояния грунта, разработаны различные модели поведения основания. Вместе с тем, исследования проводились преимущественно штампами, не отражающими реальной работы фундаментов и их взаимодействия с грунтом.

Исследования в области работы железобетонных конструкций при малоциклических нагрузлениях были проведены Евдокимцевым О.В., Шумовским В.П., Яковлевым С.И., Павлиновым В.В., Цепелевым С.В. и др. Выявлены процессы, происходящие в конструкциях, разработаны методики расчета. В то же время такие исследования для железобетонных фунда-

ментов на грунтовом основании либо не проводились, либо носили ограниченный характер, не затрагивающий изучение всех основных факторов, влияющих на процесс взаимодействия и разрушение элементов системы «фундамент-грунт».

Цель исследования

Цель статьи – на основе анализа проведенных экспериментальных исследований выявить особенностей силового взаимодействия отдельно стоящих фундаментов с грунтовым основанием при малоциклических нагрузках, установить влияния истории нагружений на несущую способность конструкций на продавливание.

Исследовательская часть и обоснование полученных результатов

Для проведения экспериментальных исследований, были изготовлены и испытаны 12 моделей фундаментов размерами 0,5 x 0,5 м с фрагментом колонны 0,1 x 0,1 м, имеющих различную толщину плитной части. Геометрические параметры моделей в плане были приняты с учетом габаритов грунтового лотка таким образом, чтобы эффект «обоймы», вызванный стенами лотка, не оказывал значительного влияния на распространение напряжений в грунтовом массиве. Нагрузку создавали домкратом ДГ-50-2 в комплекте с автономной насосной станцией высокого давления НСР-400М, оборудованной образцовым манометром класса точности 0,4.

Конструкции моделей фундаментов, а также режим их нагружения были приняты в соответствие с планированием экспериментальных исследований для обеспечения величины достоверности учёта каждого из варьируемых параметров не ниже 95% [6].

Анализ характера трещин на подошве опытных образцов (рис. 1) и процесса разрушения позволил установить, что все модели разрушились от продавливания плитной части колонной. Фундаменты имели значительную деформацию с образованием пирамиды продавливания, а в момент разрушения наблюдалось перемещение фрагмента колонны относительно поверхности конструкции.

Экспериментальными исследованиями установлено, что наличие предварительных нагрузений до уровня 75-80% от разрушающей нагрузки приводит к повышению несущей способности фундаментов (таблица 1). Увеличение прочности испытанных моделей колебалось в интервале от 10 до 50% в зависимости от конструкции фундамента и режима нагружения. Опытные значения несущей способности фундаментов в 1,4 – 2,6 раз превышали расчетную прочность на продавливание, определенной по методике СНиП.

Таблица 1 - Характеристики и результаты испытаний моделей отдельно стоящих фундаментов

№ п/п	Марка образца	Высота плиты, см	Параметры фундаментов				Количество загружений	Интенсивность предварительных загружений (% от расчетной разрушающей нагрузки)	Опытная разрушающая нагрузка, Р _{оп} пред.	Расчетная прочность на продавливание по СНиП-2.03.01*, Р ₁ , кН	$\frac{P_1}{P_{оп пред.}}$	
			Бетон	R _b , МПа	R _{b6} , МПа	R _s , МПа						
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	
1	Ф-1-5	5,0	7,2	0,63	371	0,7536	2	25%	36,0	19,04	0,53	
2	Ф-2-5	5,0	7,2	0,64	371	0,7536	1	-	20,0	19,04	0,95	
3	Ф-3-5	5,0	7,3	0,64	371	1,1304	20	50%	28,0	19,04	0,68	
4	Ф-4-5	5,0	7,2	0,64	371	1,5072	10	75%	35,0	19,04	0,54	
5	Ф-5-7	7,0	7,5	0,64	371	1,1304	2	50%	54,0	32,64	0,61	
6	Ф-6-7	7,0	7,4	0,63	371	1,1304	1	-	36,0	32,64	0,91	
7	Ф-7-7	7,0	7,5	0,64	371	1,5072	20	75%	44,0	32,64	0,74	
8	Ф-8-7	7,0	7,3	0,63	371	2,2608	10	25%	72,0	32,64	0,45	
9	Ф-9-10	10,0	7,2	0,63	371	1,5072	2	75%	80,0	58,14	0,73	
10	Ф-10-10	10,0	7,2	0,64	371	1,5072	1	-	88,0	58,14	0,66	
11	Ф-11-10	10,0	7,3	0,63	371	2,2608	20	25%	97,0	58,14	0,60	
12	Ф-12-10	10,0	7,2	0,63	371	3,0144	10	50%	109,0	58,14	0,53	

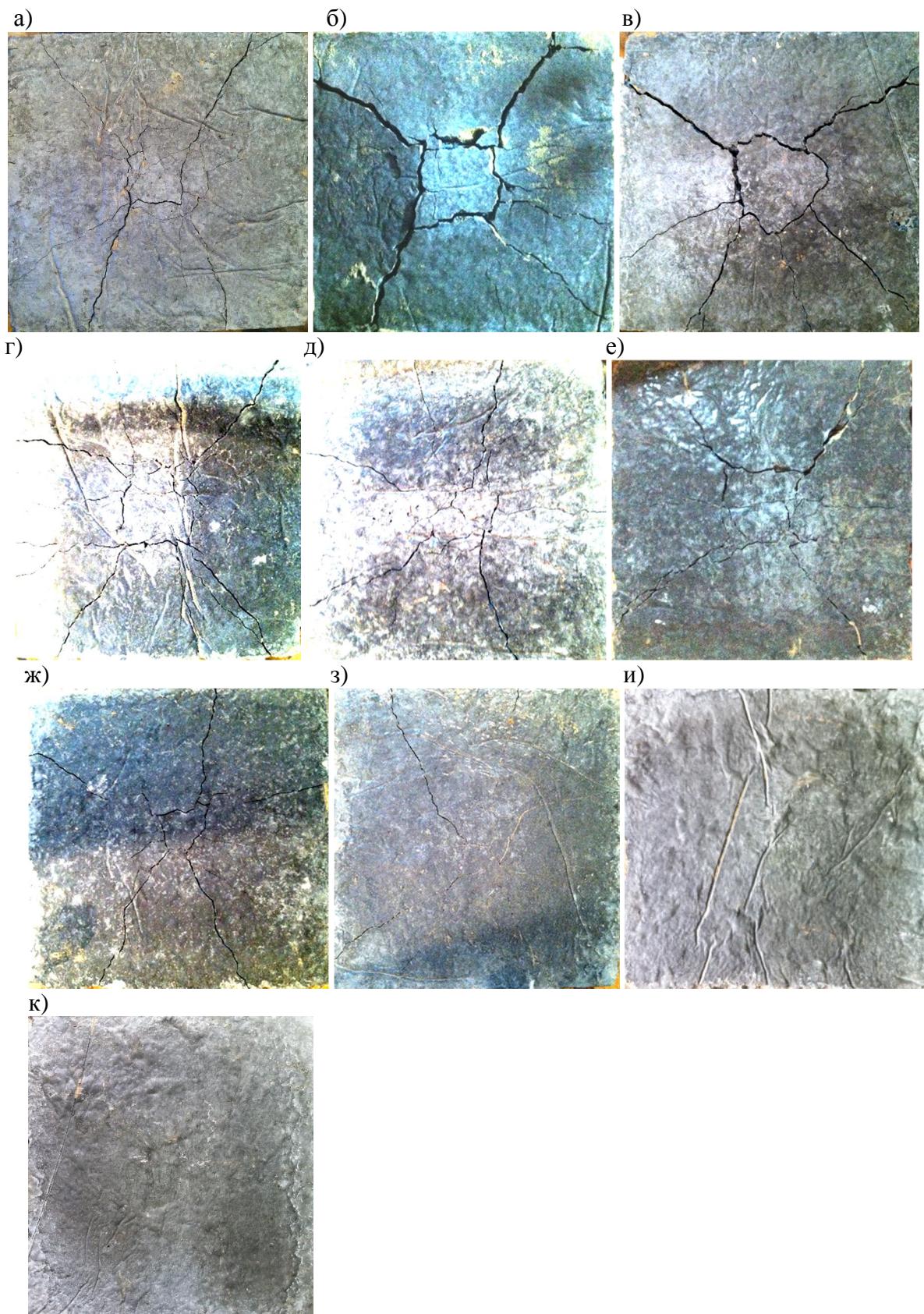


Рисунок 1 – Подошвы моделей фундаментов после испытания: (а) – Φ -1-5, (б) – Φ -2-5, (в) – Φ -3-5, (г) – Φ -4-5, (д) – Φ -5-7, (е) – Φ -6-7, (ж) – Φ -7-7, (з) – Φ -8-7, (и) – Φ -9-10, (к) – Φ -10-10

Наличие предварительных нагружений способствовало увеличению осадки фундамента. Суммарное приращение осадки, происходящие при предварительных нагружениях интенсивностью более 50% от разрушающей нагрузки, в несколько раз превышало значения, полученные при предварительных нагрузках меньшей интенсивности, а его величина в отдельных опытах достигала 80 - 100% от осадки фундамента с однократном нагружением. Суммарное приращение осадки образцов при предварительных нагрузках малой интенсивности не превышало 20% от осадки при первом нагружении.

Величина фазового приращения осадки повышалась с увеличением уровня нагрузки предварительных нагружений и уменьшается с каждым последующим нагружением (рисунок 2). При предварительных нагрузлениях малой интенсивности (до 25-30% от расчётной разрушающей нагрузки) процесс снижения фазового приращения осадки до значения менее 1% от общей суммарной осадки фундамента происходил при небольшом количестве циклов. При повышении интенсивности предварительных нагрузжений, затухание фазовых приращений осадки наблюдалось при значительно большем количестве циклов.

Так у фундамента Ф-8-7, испытанного при десятикратном предварительном нагружении нагрузкой интенсивностью 25% от разрушающей, величина фазового приращения осадки, начиная с 3-го цикла нагружения, не превышала 0,9% от общей осадки фундамента. В пределах проведенных десяти предварительных нагрузжений общая осадка фундамента по сравнению с первым предварительным нагружением увеличилась на 0,9 мм. Суммарное фазовое приращение осадки составило 17% от общей осадки фундамента.

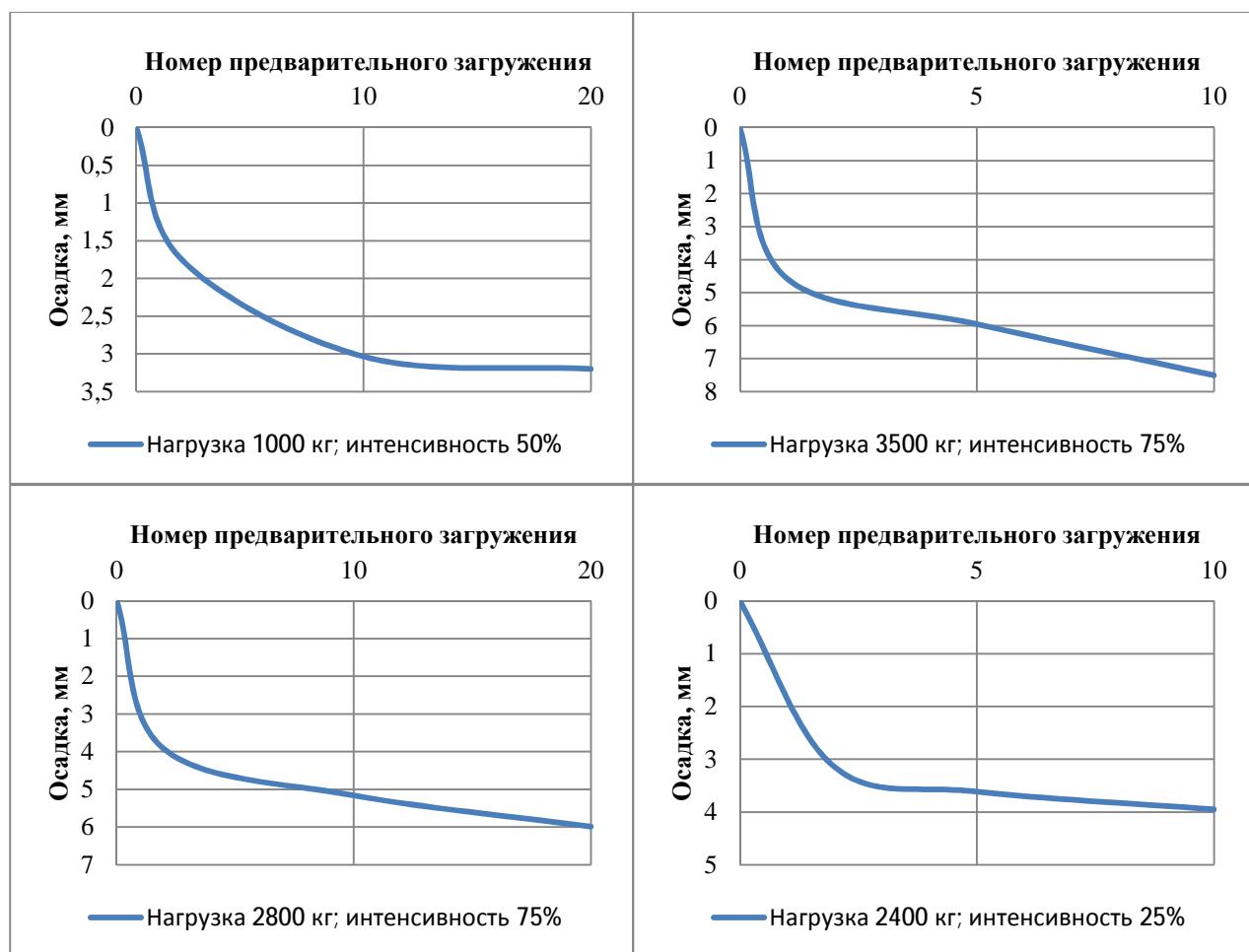


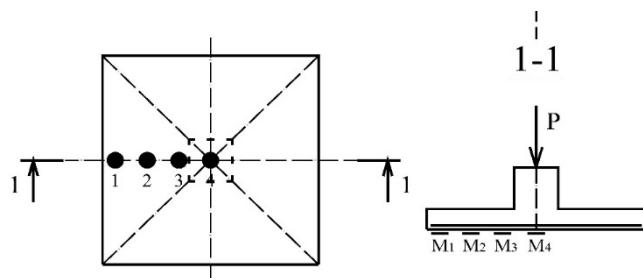
Рисунок 2 - Графики зависимости изменения осадки фундамента от количества предварительных нагрузжений фундамента: а – Ф-3-5, б – Ф-4-5, в – Ф-7-7, г – Ф-8-7

При испытании фундаментов Ф-4-5 и Ф-7-7 предварительной нагрузкой интенсивностью 75% от расчётной разрушающей нагрузки в пределах 20 проведённых предварительных циклов нагружения уменьшение фазового приращения до значений, не превышающих 1% от общей осадки, не было достигнуто. При этом доля суммарных фазовых приращений в общей осадке фундаментов составила 30 и 50% соответственно.

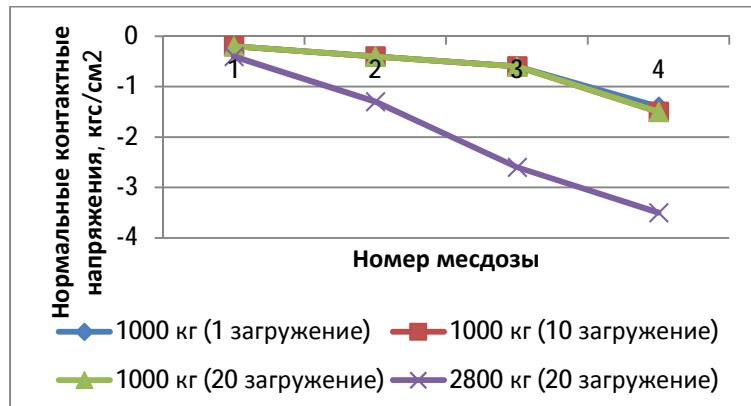
Таким образом, осадка фундамента, а соответственно и уплотнение грунта под его подошвой, зависит от истории нагружения. Исследования плотности грунта пенетрометром после испытания фундаментов подтвердили разную степень уплотнения грунта под фундаментами, испытанными при различных режимах нагружения. Разной оказалась и плотность грунта под центральной частью и краевыми зонами подошвы конструкции.

Анализ эпюров нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента (рисунок 3) показал, что при многократном нагружении происходит их трансформация. С каждым последующим нагружением наблюдалось увеличение площади зоны максимальных контактных напряжения с развитием от центра подошвы к краям. При этом ординаты эпюров непосредственно под центром фундамента могут уменьшаться. Величина нормальных контактных напряжений у краевых зон подошвы фундамента в большинстве опытов на определенных циклах нагружения снижалась.

а)



б)



в)

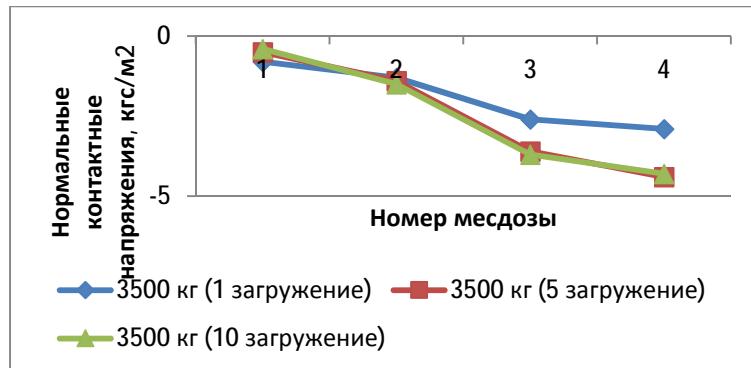


Рисунок 3 - Схема размещения месдоз под подошвой фундамента (а) и эпюры нормальных контактных напряжений: (б) – Ф-3-5, (в) – Ф-4-5 при разных фазах нагружения

Для фундаментов, испытанных при предварительной нагрузке, не превышающей 50% от расчётной разрушающей нагрузки, процесс перераспределения эпюры нормальных контактных напряжений в наибольшей степени проявлялся после 10-го цикла нагружения. У фундаментов, испытанных при предварительной нагрузке более 75% от расчётной разрушающей нагрузки, интенсивный процесс перераспределения наблюдался с 3-5 цикла нагружения.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что перераспределение нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента при повторных нагрузлениях является результатом роста уплотнения грунта под центральной частью фундамента и увеличением площади уплотненной зоны. При этом максимальные размеры уплотненной зоны грунта в плане ограничены в связи с увеличением касательных напряжений под краевыми зонами подошвы фундамента и развитием процесса выпора грунта. Увеличение интенсивности предварительных нагрузений приводит к более быстрому уплотнению грунта из-за более высоких уровней напряжений в грунте. Развитие процесса выпора грунта предопределяет снижение нормальных контактных напряжений под краевыми зонами фундамента.

Существенное значение для выявления причин повышения прочности фундаментов на продавливание при малоциклических нагрузках имеет выбор модели разрушения фундамента. Наиболее адекватной представляется модель, предложенная в [7]. Разрушение от продавливания в ней рассматривается как процесс образования нормальных и наклонных трещин в фундаменте и последующее дробление бетона на участке над нормальной трещиной под гранью колонны вследствие достижения прочности бетона на смятие главными сжимающими напряжениями. С точки зрения данной модели, концентрация нормальных контактных напряжений под средней частью подошвы фундамента способствуют изменению угла наклона главных сжимающих напряжений в бетоне над нормальными трещинами у граней колонны. Уменьшается суммарная величина контактных напряжений на грузовой площади, образующей нагрузку на продавливание. Одновременно уменьшается плечо равнодействующей силы и сама сила, формирующие изгибающий момент в нормальном сечении по грани колонны. Это и обуславливает увеличение прочности фундамента на продавливание при наличии предварительных нагрузений.

Выводы

1. Наличие предварительных нагрузений, связанных с малоциклической нагрузкой, приводит к повышению несущей способности на продавливание и увеличению общей осадки фундамента. Нормативная методика расчета фундаментов на продавливание не отражает реальную несущую способность конструкций, в том числе при малоциклических нагрузлениях.

2. Доля дополнительной осадки от циклических нагрузений в общей осадке фундамента прямо пропорционально интенсивности нагрузки и количеству предварительных нагрузений. Фазовые приращения осадки фундамента при высокой интенсивности предварительных нагрузений имеют более высокую долю в общей осадке фундамента и затухают с увеличением количества циклов медленнее.

3. Циклические нагрузления сопровождаются перераспределением нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента. Увеличиваются ординаты под центральной частью фундамента и в прилегающих к центру областях. При этом происходит уменьшение ординат контактных напряжений под краевыми зонами подошвы фундамента. Перераспределение контактных напряжений под подошвой фундамента связано с процессом уплотнения грунта под средней частью фундамента и ростом площади уплотненной зоны.

4. Размеры зоны уплотнения грунта под подошвой фундамента ограничены в связи с развитием пластических деформаций и процесса выпора грунта у краевых зон подошвы. Величина уплотнения не может превышать предельное уплотнение, зависящее от вида грунта. В связи с этим перераспределение контактных напряжений под подошвой фундамента носит ограниченный характер.

5. Перераспределение эпюры нормальных контактных напряжений является одной из причин повышения несущей способности фундаментов на продавливание при малоциклических нагрузках. Повышение прочности связано со следующими факторами: увеличением угла наклона главных сжимающих напряжений над нормальной трещиной по грани колонны, уменьшением величины этих напряжений.

6. Малоциклическое нагружение делает более вероятным разрушение фундаментов от продавливания за счет преобладающего снижения изгибающего момента в нормальных сечениях плитной части фундамента по грани колонны, зависящего как от суммы контактных напряжений на грузовой площади, так и от плеча равнодействующей силы.

7. Для расчетной оценки несущей способности фундаментов на продавливание при малоциклических нагрузках необходима разработка методики расчета, учитывающей перераспределение контактных напряжений под подошвой фундамента и реальную схему разрушения конструкции. Учет повышения несущей способности фундамента на продавливание и изгиб при расчете позволит достичь экономии материалов при производстве фундаментов в размере 20-30%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евдокимцев, О.В. Моделирование перемещений и несущей способности штампов при действии многократно-повторной нагрузки [Текст] / О.В Евдокимчев // Краткие тезисы докладов к III научной конференции ТГТУ. –Тамбов. - 1996. - С.23
2. Шумовский, В.П. Исследование деформаций оснований при повторных нагрузлениях [Текст]: Автoref. дис. канд. техн. наук / В.П. Шумовский. – Киев, 1970.- 20 с.
3. Яковлев, С.И. Влияние многократно повторных нагрузок на перемещения фундаментов промышленных зданий [Текст]: Автореф. дис. канд. техн. наук / С.И. Яковлев. - М., 1988. - 25 с.
4. Алексеев, В.М. Экспериментальные исследования работы фундаментов при действии центральной и внецентренной многократно повторной нагрузки [Текст] / В.М.Алексеев, О.В.Евдокимцев, В.В. Леденев. – Москва: ВНИИТПИ. – № 11691. – 1998. – 25 с.
5. Дьяков, И.М. Исследования работы отдельно стоящих железобетонных фундаментов при циклических нагрузках с нединамически изменяющейся интенсивностью [Текст] / И.М. Дьяков, А.И. Дьяков // Вестник Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Сб. науч. трудов. — Одесса: ОГАСА. - 2013. — Вып. 49, Ч. 2. — С. 95—101.
6. Барыкин, Б.Ю. Планирование экспериментальных исследований работы отдельно стоящих фундаментов при нагрузках с изменяющейся интенсивностью нединамического характера [Текст] / Б. Ю. Барыкин, А. И. Дьяков // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь: НАПКС, 2013. — Вып. 45. — С. 69—75.
7. Тетиор, А.Н. Расчет прочности фундаментов по наклонным сечениям [Текст] / А.Н.Тетиор // Плитные фундаменты зданий и сооружений. – Симферополь. – 1983. – С. 20 – 24.

Дьяков Алексей Игоревич

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И.Вернадского», г.Симферополь

Аспирант кафедры строительных конструкций

E-mail: alexey3427@mail.ru

A. DYAKOV

EXPERIMENTAL RESEARCH OF POWER INTERACTION OF THE SEPARATE BASES WITH THE SOIL BASIS AT LOW-CYCLIC LOADINGS

The analysis of the experimental data obtained at test of models of the separate bases on the sandy basis at low-cyclic loadings is carried out. The main features of the intense deformed condition of models of the bases and the soil basis, and also nature of its change in different modes of loading. It was

found, that the presence of prestresses, related with recurring loads, results to increasing of load capacity for punching and increasing of total deformation of the foundation.

Keywords: Separate bases, low-cyclic loadings, pre-loaded, the diagram of contact pressure, punching

BIBLIOGRAPHY

1. Evdokimcev, O.V. Modelirovaniye peremeshhenij i nesushhej sposobnosti shtampov pri dejstvii mnogokratno-povtornoj nagruzki [Text] // Kratkie tezisy dokladov k III nauchnoj konferencii TGTU. - Tambov, 1996. - S.23
2. Shumovskij, V.P. Issledovaniye deformacij osnovaniy pri povtornykh nagruzheniyakh [Text] : Avtoref. dis. kand. texn. nauk / V.P. Shumovskij. - Kiev, 1970. - 20 s.
3. Yakovlev, S.I. Vliyanie mnogokratno-povtornykh nagruzok na peremeshheniya fundamentov promyshlennyx zdanij [Text] : Avtoref. dis. kand. texn. nauk / S.I. Yakovlev. - M., 1988. - 25 s.
4. Alekseev, V.M. Eksperimentalnye issledovaniya raboty fundamentov pri dejstvii centralnoj i vnecentrennoj mnogokratno-povtornoj nagruzki [Text] / V.M. Alekseev, O.V. Evdokimcev, V.V. Ledenev – Moskva: VNIITPI. – № 11691. – 1998. – 25 s.
5. Dyakov, I.M. Issledovaniya raboty otdelno stoyashhix zhelezobetonnykh fundamentov pri ciklicheskikh nagruzkakh s nelinicheskimi izmenyayushchimijsimi intensivnostyu [Text] / I.M. Dyakov, A.I. Dyakov // Vestnik Odesskoj gosudarstvennoj akademii stroitelstva i arxitektury. Sb. nauch. trudov. (Po materialam Mezhdunarodnoj nauch.-texn. konf. "Problemy teorii i praktiki stroitelnykh konstrukcij", 15–17 aprelya 2013 g.). — Odessa : OGASA, 2013. — Vyp. 49, Ch. 2. — S. 95—101.
6. Dyakov, A. I. Planirovaniye eksperimentalnykh issledovanij raboty otdelno stoyashhix fundamentov pri nagruzkakh s izmenyayushchimijsimi intensivnostyu nelinicheskogo haraktera [Text] / B. Yu. Barykin, A. I. Dyakov // Stroitelstvo i texnogennaya bezopasnost. Sb. nauch. trudov. — Simferopol: NAPKS, 2013. — Vyp. 45. — S. 69—75.
7. Tetior, A.N. Raschet prochnosti fundamentov po naklonnym secheniyam [Text] / A.N. Tetior // Plitnye fundamenty zdanij i sooruzhenij. — Simferopol. — 1983. — S. 20 – 24.

A. Dyakov

Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol
Post-graduate student of the department of building constructions
E-mail: alexey3427@mail.ru

ДЬЯКОВ И.М.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИВУЧЕСТИ МАССИВНЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ВНЕЗАПНЫХ ВЫВАЛОВ

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований живучести массивных подпорных стен при образовании внезапных повреждений в виде вывалов. Выявлен процесс трансформации системы «грунт – подпорная стена – основание» при повреждении сооружения. Определено наличие динамических и статических додружений на подпорной стене при возникновении повреждений. Внезапное образование вывала в подпорной стене приводит к развитию процесса, сопровождающегося обрушением части откоса грунта, перераспределением напряжений в грутовом массиве, перемещениями и изменением напряженно-деформированного состояния подпорной стены, что может привести к потере живучести системы «грунт – подпорная стена – основание».

Ключевые слова: подпорные стены, живучесть, вывалы, повреждения, додружения, поверхность скольжения, обрушение грунта

Постановка проблемы

Локальные повреждения массивных подпорных стен достаточно распространены. Среди них преобладающими являются вывалы. Образование вывала приводит к изменению схемы работы системы «грунт – подпорная стена – основание» и может спровоцировать прогрессирующее разрушение сооружения [1]. Вместе с тем экспериментальные исследования работы и живучести массивных подпорных стен при внезапном образовании вывала не проводились.

Анализ достижений и публикаций

Вопросы прогрессирующего разрушения и живучести сооружений исследовались такими учеными, как Н.С. Стрелецкий, Н.П. Абовский, В.И. Колчунов, Г.А. Гениев, Г.И. Шапиро, В.И. Травуш, Н.В. Клюева, А.В. Андросова Н.Б., Бухтиярова А.С., Перельмутер, П.Г. Еремеев, Б.С. Растиоргуев, В.М. Бондаренко, Я.М. Айзенберг, Ю.И. Кудишин, В.О. Алмазов, А.И. Плотникова, А.Г. Тамразян, В.М. Ройтман, С.В. Доронин, В.В. Тур, В.К. Востров, Ю.П. Назаров, В.Н. Симбиркин и др. Ими созданы научные подходы к оценке живучести многих наземных и надземных сооружений. Вместе с тем вопросы живучести подпорных стен не изучались.

Существующие в настоящее время исследования подпорных стен в основном затрагивают штатную работу сооружений. Широко известны работы таких авторов, как М.И. Горбунов-Посадов, О.Я. Шехтер, Г.К. Клейн, Н.К. Снитко, С.И. Алексеев, Н.И. Безухов, В.А. Гришин, В.П. Кожушко, П.И. Яковлев. Этими и другими учеными изучались вопросы формирования активного и оползневого давления на подпорные стены, рассматривались условия устойчивости сооружений сдвигу и опрокидыванию. Вместе с тем исследования не затрагивали возможность возникновение в сооружениях повреждений или воздействие на них запредельных нагрузок.

Цель и постановка задач исследования

Цель исследования – оценить изменения, происходящие в работе системы «грунт-подпорная стена-основание» при внезапном образовании локальных повреждений в виде сквозных вывалов и определить факторы, влияющие на живучесть сооружения.

Задачи исследования:

- Проанализировать результаты экспериментальных исследований живучести системы «грунт - подпорная стена - основание»;
- Выявить процесс изменения состояния системы, а так же последствия для подпорной стены при внезапном образовании вывала;

- Выявить факторы, влияющие на живучесть системы «грунт - подпорная стена – основание».

Исследовательская часть и обоснование полученных результатов

Экспериментальные исследования проводили в грунтовом лотке с размерами в плане 2,2 x 2,2 и высотой 2,2 м. В качестве грунта использовали песок средней крупности. Модель подпорной стены возводилась из бетонных блоков размерами 400x200x100 мм. Блоки устанавливались вертикально с заглублением в грунт на 50 мм. Зазоры между блоками эмитировали деформационные швы. После установки блоков укладывался грунт за подпорной стеной и послойно уплотнялся. В процессе экспериментов для оценки величины сдвига и крена элементов сооружения измеряли горизонтальные перемещения верха и низа каждого блока в направлении, перпендикулярном к плоскости стены. Для измерения перемещений использовались индикаторы ИЧ-10. Методика проведения экспериментов предполагала быстрое удаление среднего блока модели подпорной стены и измерение перемещений оставшихся блоков во времени. Для считывания показаний перемещений в масштабе времени использовался видеорегистратор с частотой кадров 60 с⁻¹.

В ходе всех экспериментальных исследований после удаления блока происходило обрушение грунта на участке у повреждения. При этом ширина тела обрушившегося грунта в верхней части была больше, чем ширина повреждения, а в нижней части – совпадала с шириной повреждения (рисунок 1). Поверхность скольжения тела сползания имела сложную форму. Средний угол наклона поверхности скольжения обрушившегося грунта к горизонтали достигал минимального значения в центральной плоскости, перпендикулярной стене, а максимального значения – в плоскости, совпадающей с внутренней поверхностью стены.

Во всех опытах в момент начала обрушения грунта на некотором удалении от первичной поверхности скольжения образовывалась трещина (рисунок 1, в-е). Ее ширина резко возрастила в первые доли секунды после образования и далее медленно увеличивалась на протяжении 10-15 минут, достигая величины 1-2 мм. Развитие трещины сопровождалось небольшим понижением уровня поверхности грунта на участке между трещиной и подпорной стеной, максимальное значение которого достигало величины 2-4 мм. Удаленная трещина в первом эксперименте была параллельна стене на всем протяжении модели. В остальных экспериментах трещина имела форму половины эллипса, примыкая к поверхности стены на расстоянии ширины 2-3 элементов от вывала.

Средний угол наклона поверхности скольжения обрушившегося грунта в центральной плоскости, перпендикулярной стене, составлял 52⁰. Угол наклона поверхности скольжения, формируемой второй (удаленной) трещиной, составлял 35-37⁰ и был близок к углу характерному для песчаных грунтов. Таким образом, можно сделать вывод, что угол наклона поверхности скольжения на участке локального обрушения грунта отличается от угла, характерного для данного грунта. Это является следствием объемной работы грунта засыпки, а именно влияния сил трения по боковой поверхности тела обрушения.

На рисунке 1 представлены кадры из видеозаписи поведения системы «грунт – подпорная стена – основание» на протяжении первых 3-х секунд эксперимента. На основании видеозаписи можно выявить следующий процесс, происходящий в системе при внезапном образование сквозного вывала в стене:

- обрушение грунта в повреждение по поверхности скольжения, имеющей больший угол наклона к горизонтали, чем традиционная поверхность скольжения для данного грунта;
- перераспределение активного давления от необрушившегося в повреждение объема грунта, расположенного между образовавшейся поверхностью скольжения и удаленной (реальной для данного грунта) поверхностями скольжения на участке шириной, равной ширине вывала, на близлежащие участки стены. При этом, дополнительное догружение участков подпорной стены, расположенных рядом с вывалом, на начальном этапе носит динамический характер;
- крен и перемещение участков подпорной стены у вывалов от возникших динамических и статических догружений.

- ограниченное перемещение грунта по реальной поверхности скольжения, создающие дополнительную динамическую нагрузку на начальном этапе рассматриваемого процесса.

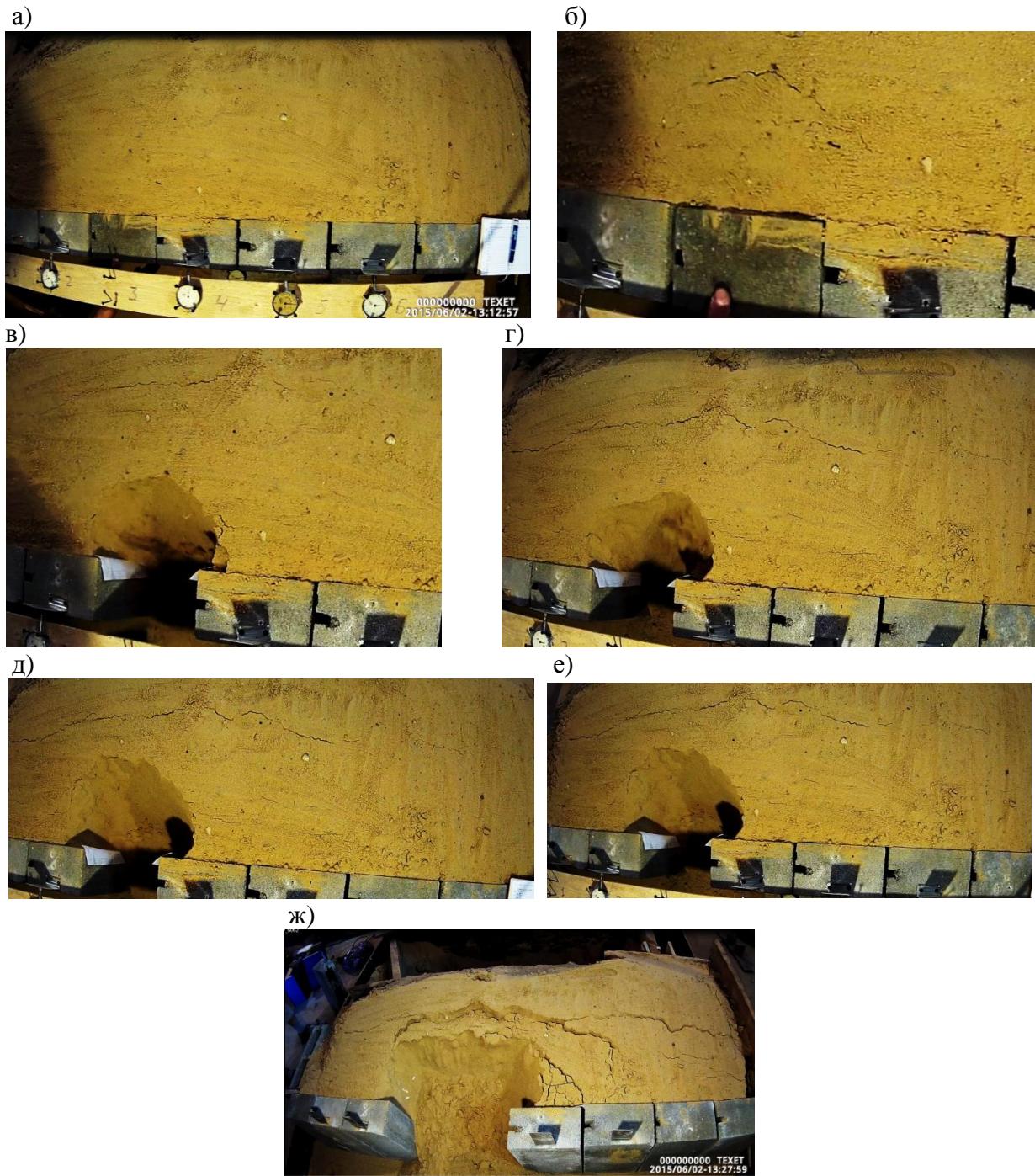


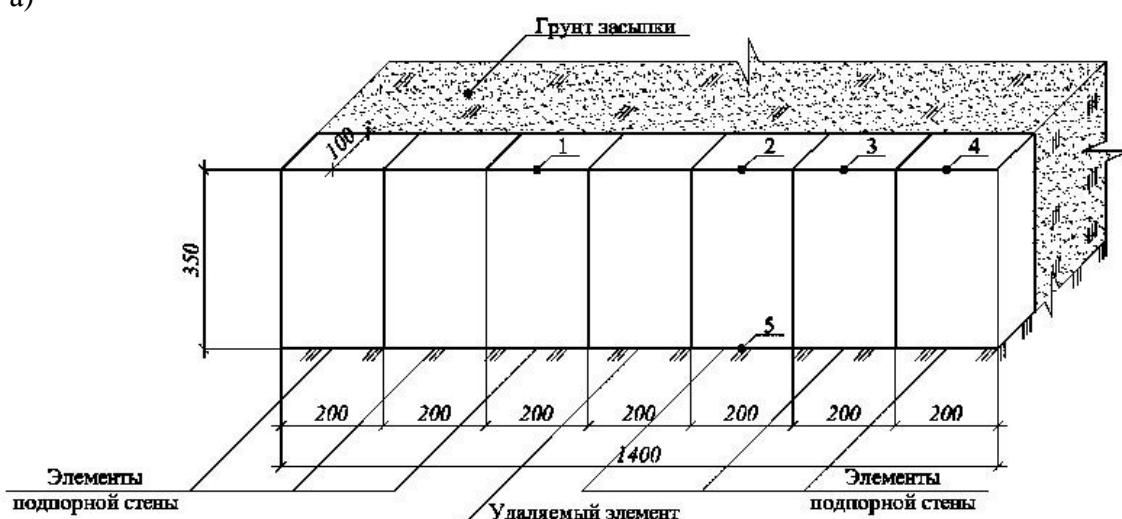
Рисунок 1 - Результаты посекундной съемки эксперимента (0 – 3 с): (а) – до удаления элемента стены, (б) - начало удаления элемента и образование трещины по локальной поверхности скольжения; (в) – обрушение грунта по локальной поверхности и образование удаленной трещины в месте традиционной поверхности скольжения (1 – секунда); (г) - увеличение размеров локального обрушения грунта и увеличение ширины трещины в месте традиционной поверхности скольжения (2 – секунда); (д) – окончательное формирование поверхности локального обрушения грунта, небольшое увеличение ширины трещин по традиционной поверхности скольжения; (е) – стабилизация откоса грунта, замедление либо остановка перемещений элементов стены; (ж) – потеря живучести системы при удалении второго элемента стены

При этом три последних этапа взаимосвязаны и происходит практически одновременно.

На рисунке 1,б видно, что ширина первичного тела обрушения практически совпадает с шириной вывала, а ширина окончательной поверхности скольжения обрушившегося грунта больше ширины вывала (рисунок 1, г). Таким образом, формирование поверхности скольжения обрушившегося грунта происходит поэтапно.

На рисунке 2 представлены перемещения элементов стены в масштабе времени. Как видно из рисунка, горизонтальные перемещения и крен элементов стены, расположенных рядом с вывалом, в первые доли секунды носили мгновенный характер и быстро затухали. Перемещение и крен удаленных элементов стены начинались с отставанием и медленно затухали в течении 10-20 минут эксперимента. Величина перемещений и крена уменьшалась по мере удаления от вывала. Мгновенные перемещения элементов стены свидетельствуют о наличии динамической составляющей в нагрузке на сооружение в первые моменты возникновения вывала.

а)



б)

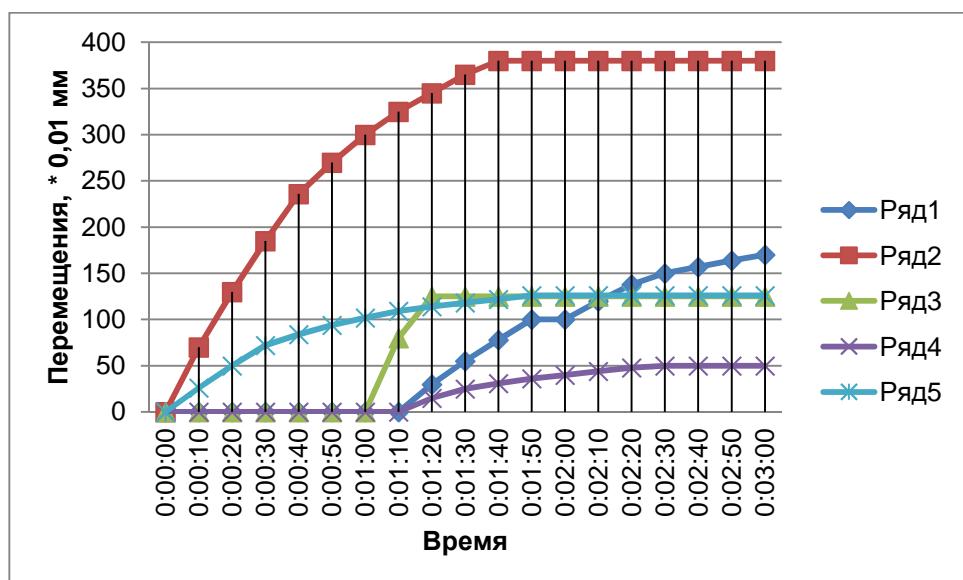


Рисунок 2 – Схема размещения индикаторов (а) и график перемещений участков подпорной стены при возникновении внезапного вывала (б)

Визуальное сопоставление деформаций системы «грунт – подпорная стена – основание», выявленных в экспериментах, с реальными схемами вывалов показали схожесть. На рисунке 3 представлено фото вывала подпорной стены на участке Алупкинского шоссе. Как видно из рисунка, обрушение грунта у вывала также произошло по поверхности скольжения с большим углом наклона к горизонтали, чем тот, который характерен для грунта засыпки (в данном случае он связный). На рисунке прослеживается образование удаленной трещины, формирующей реальную поверхность скольжения.



Рисунок 3 – Сквозной вывал в подпорной стене Алупкинского шоссе



Рисунок 4 - Потеря живучести системы «грунт – подпорная стена - основание» из-за крена, сдвига сооружения и неконтролируемого перемещения откоса грунта

Выявленный процесс трансформации системы «грунт – подпорная стена – основание» позволяет определить причины возникновения статического и динамических догружений на подпорную стену. Статическое догружение формируется за счет передачи на стену активного давления от объема грунта, расположенного между локальной и удаленной поверхностями скольжения и имеющего ширину, равную ширине вывала. Определенную роль в увеличении активного давления на подпорную стену играет уменьшение удерживающего эффекта сил трения по поверхности скольжения из-за образования трещин в массиве грунта.

Динамическое догружение формируется за счет:

- перемещения обрушающегося грунта и передается стене через силы трения по боковой поверхности тела обрушения;
- быстрой передачи активного давления от объема грунта, расположенного между локальной и удаленной поверхностями скольжения и имеющего ширину, равную ширине вывала.
- ограниченного смещения всего удерживаемого массива грунта при ограниченном крене и сдвиге стены.

При недостаточной устойчивости или прочности подпорной стены потеря живучести сооружения происходит как разрушение конструкции, опрокидывание, сдвиг либо комбинированное разрушение вследствие невозможности восприятия динамического и статического догружений (рисунок 4).

Выводы

Работа и живучесть массивных подпорных стен при образовании локальных повреждений в виде вывалов зависит от значительного количества факторов, основные среди которых: вид грунта (связный, несвязный), физико-механические характеристики грунта (влажность,

плотность и т.д.); конструкция стены, запас устойчивости на сдвиг и опрокидывание, прочностные характеристики сооружения, размеры вывала и т.д.

Внезапное образование вывала в подпорной стене приводит к развитию процесса, сопровождающегося обрушением части откоса грунта, перераспределением напряжений в грунтовом массиве, перемещениями и изменением напряженно-деформированного состояния подпорной стены. При этом возникает кратковременное динамическое дрогжение на подпорную стену и постоянное статическое дрогжение на близлежащие к вывалу участки сооружения. Данный процесс может привести к потере живучести системы «грунт – подпорная стена – основание» за счет сдвига, опрокидывания сооружения, неконтролируемых перемещений грунта откоса, а так же разрушения самого сооружения.

Наиболее опасными для подпорных стен являются внезапные вывалы при расположении за подпорной стеной несвязного грунта либо связного грунта, испытывающего значительное увлажнение. Учитывая распространность такого вида повреждений подпорных стен, как вывалы, необходима разработка методики оценки живучести массивных подпорных стен при внезапно образующихся повреждениях. В первую очередь это актуально для песчаных грунтов и пылевато-глинистых грунтов, удельное сцепление которых значительно снижается при увлажнении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяков, И.М. Численные исследования живучести массивных подпорных стен с повреждениями в виде вывалов различного расположения [Текст] / И.М.Дьяков // Строительство и реконструкция. - 2014.- №5. – С.15-22.

Дьяков Игорь Михайлович

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И.Вернадского», г.Симферополь

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой геотехники и конструктивных элементов зданий

E-mail: karta3@mail.ru

I. DYAKOV

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE SURVIVABILITY OF MASSIVE RETAINING WALLS EDUCATION IN SUDDEN FALL OUT

The results of experimental studies survivability massive retaining walls in the formation of sudden damage. Revealed the transformation of the "soil - retaining wall - base" is damaged buildings. Defined by the presence of additional dynamic and static loads on the retaining wall in the event of damage. The sudden fall-out in the retaining wall leads to the development of process, accompanied by the collapse of a part of a slope of a ground and redistribution of stresses in the soil massif, moves, and changes the stress-strain state of the retaining wall. It can lead to a loss of vitality of the system "ground - retaining wall - foundation."

Keywords: retaining walls, survivability, damage, additional load, the sliding surface, the collapse of the soil.

BIBLIOGRAPHY

- 1.Dyakov, I.M. Chislenye issledovaniy zhivuchesti massivnyh podpornyh sten s povrezhdeniyami v vide vyvalov razlichnogo raspolozheniy [Text] / I.M. Dyakov // Stroitelstvo i rekonstruktsiy. – 2014. - №5. – S.15-22.

I. Dyakov

Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol

Candidate of technical sciences, head of the department of geotechnics and structure elements of buildings

E-mail: karta3@mail.ru

КОЛЧУНОВ Вл.И., ЯКОВЕНКО И.А., ЛЫМАРЬ Я. В.

ЖЕСТКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛОСКОНАПРЯЖЕННЫХ СОСТАВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ НАЛИЧИИ РАЗЛИЧНЫХ ТРЕЩИН

Предложен метод расчета жесткости железобетонных конструкций при наличии трещин, пригодный для стержневых и плосконапряженных железобетонных составных конструкций, в основу которого положены рабочие предпосылки, базирующиеся на новой, наиболее полной классификации различных трещин; специальной модели трещин; расчетной двухэлементной консольной модели; специальной консольной модели для определения параметров шва между бетонами; блочной расчетной модели с рабочими сечениями, проходящими через начало и конец трещины, для определения проекций различных трещин на горизонталь (вертикаль) с привлечением аналитических зависимостей, базирующихся на экстремуме функции многих переменных и множителей Лагранжа, а также привлечение уровневых моделей многоуровневого развития различных трещин, позволяющих отыскивать расстояния между трещинами и ширину их раскрытия с учетом эффекта нарушения сплошности, благодаря которому существенно упрощается процесс определения жесткости железобетонных составных конструкций, несмотря на всю сложность и многообразие картины трещинообразования.

Ключевые слова: жесткость, железобетонные составные конструкции, расчетная модель, рабочие предпосылки, схемы трещин.

Задача построения методики расчета жесткости плосконапряженных железобетонных составных конструкций весьма сложная уже потому, что основная гипотеза механики твердого деформируемого тела (гипотеза сплошности), здесь неприменима, – сплошность нарушается наличием макротрещин, которая весьма существенно снижает их жесткость [1–4].

Анализ показывает, что решение обозначенной проблемы весьма дискуссионно и разновекторно. Здесь включаются смежные задачи определения картины образования, развития и раскрытия трещин, которые сами по себе являются достаточно сложными. Например, значения ширины раскрытия трещин измеряются в опытах с помощью микроскопа, а расчет ведется с помощью достаточно грубого расчетного аппарата, – в этом случае ожидать совпадения опытных и теоретических данных не приходится. Расстояния между смежными трещинами являются не функциональным, а дискретным параметром, причем уровней трещинообразования, как показывают экспериментальные исследования может быть не один (как это принято в теории проф. В.И. Мурашева), а несколько.

Однако, несмотря на полярность мнений, найдены и точки их соприкосновения. Так, общепризнано, что расчетные зависимости должны иметь инженерно-обозримый вид, четкий физический смысл, позволяющий более эффективно и творчески использовать их в инженерной практике, которая требует решения далеко не тривиальных задач прикладного характера. С другой стороны, вряд ли следует прибегать к слишком категоричным формулировкам, например, при полном отрицании использования интегро-дифференциальных уравнений, приводящих, как правило, к инженерно-необозримым результатам. Это происходит лишь в случае формализованных приближенных решений таких уравнений. Здесь важно выйти на уровень их аналитической разрешимости, тогда могут быть получены весьма изящные решения.

В основу построения метода расчета жесткости железобетонных плосконапряженных составных конструкций при наличии различных трещин положены следующие рабочие предпосылки.

1. Образование последующего уровня трещин происходит после достижения растянутыми волокнами бетона вдоль оси поперечной (продольной) арматуры предельных деформаций. Уровней трещинообразования может быть несколько. Развитие различных трещин в плосконапряженных железобетонных составных конструкциях происходит по траекториям, приближающимся к прямым линиям.

2. Раскрытие трещин рассматривается как накопление относительных взаимных смещений арматуры и бетона на участках, расположенных по обе стороны от трещины; при этом учитывается эффект, связанный с нарушением сплошности бетона.

3. Вводится новая обобщенная наиболее полная классификация базовых трещин, которая в значительной степени дополняет и развивает начальную классификацию, предложенную в работе [5]. В плосконапряженных железобетонных составных конструкциях могут иметь место следующие базовые трещины (рис. 1):

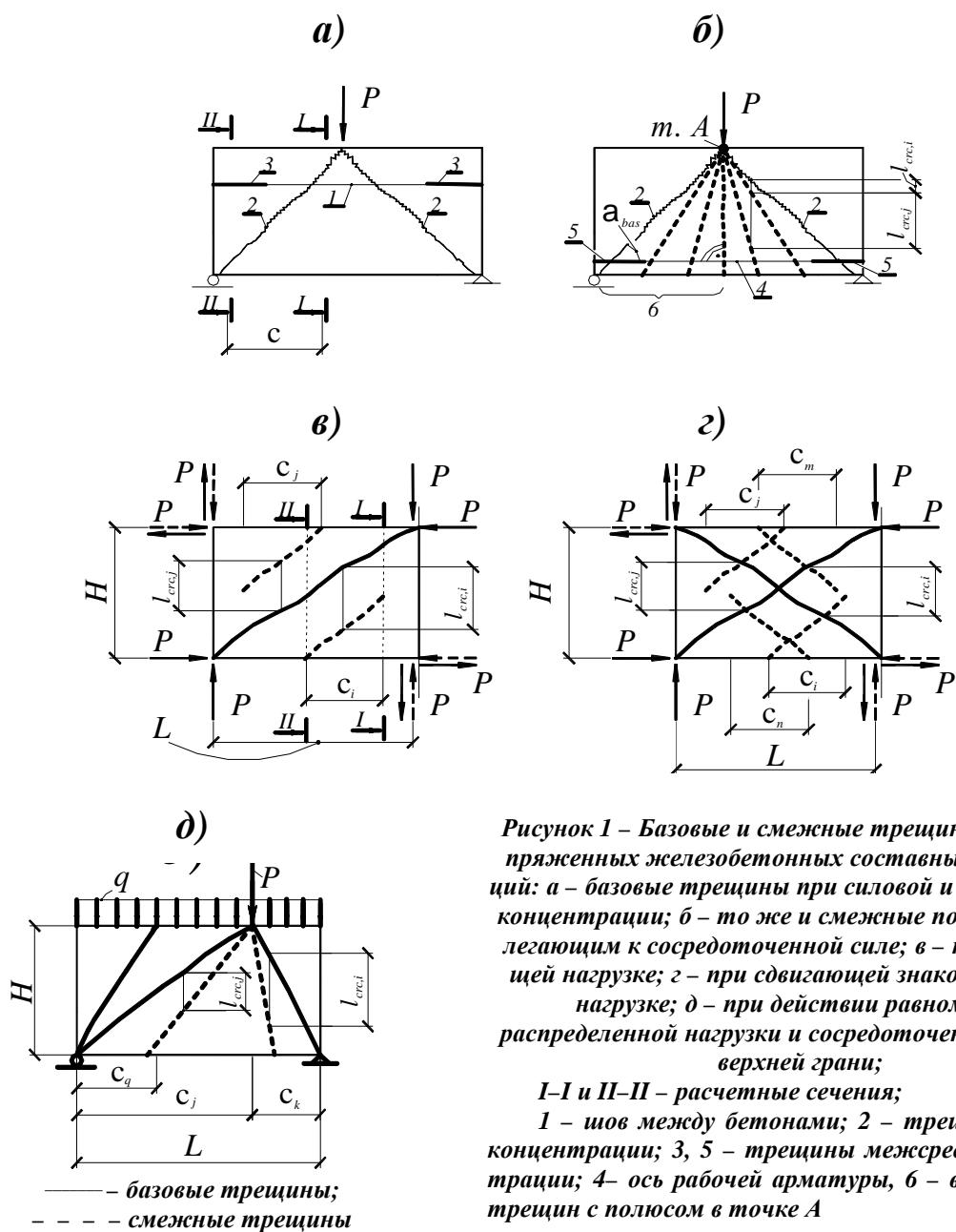


Рисунок 1 – Базовые и смежные трещины плосконапряженных железобетонных составных конструкций: а – базовые трещины при силовой и межсредовой концентрации; б – то же и смежные по веерам, прилегающим к сосредоточенной силе; в – при сдвигающей нагрузке; г – при сдвигающей знакопеременной нагрузке; д – при действии равномерно-распределенной нагрузки и сосредоточенной силы на верхней грани;

I–I и II–II – расчетные сечения;
1 – шов между бетонами; 2 – трещины силовой концентрации; 3, 5 – трещины межсредовой концентрации; 4 – ось рабочей арматуры, 6 – веер смежных трещин с полюсом в точке А

1) трещины, развивающиеся к зонам или из зон геометрической концентрации напряженно-деформированного состояния (в местах изменения размеров поперечных сечений, входные углы концентрации, концентрация от некруглых отверстий и т.п.); 2) трещины, развивающиеся к зонам или из зон концентрации силового и деформационного нагружения (места расположения опорных реакций и сосредоточенных сил, места изменения интенсивности нагрузления по контуру конструкции, места деформационного нагружения от просадок; особое значение имеет вид нагрузления, – изгибное, сдвиговое, сжатие – растяжение); 3) продольные трещины, развивающиеся в зонах межсредовой концентрации деформаций (в швах между бетонами в плосконапряженных железобетонных составных конструкциях, вдоль продольной арматуры в зонах заанкеривания и т.п.).

Кроме базовых, может иметь место развитие смежных трещин, прилегающих к базовым и образующих веера относительно полюсов (сосредоточенных сил), в зависимости от характера нагрузления (изгибное, сдвиговое, сжатие (растяжение): 1) наклонные смежные трещины, развивающиеся параллельно базовым при сдвиговом характере нагрузления, рис. 1, в, г; 2) наклонные смежные трещины, развивающиеся веерообразно относительно полюсов (сосредоточенных сил) при изгибном характере нагрузления (угол веерообразных трещин изменяется от угла наклона базовых трещин α_{bas} до 90° к горизонтали (или от α_{bas} до 0° к горизонтали), рис. 1, б, д; 3) нормальные смежные трещины, развивающиеся параллельно базовым при сжатии (растяжении).

Также учитывается многоуровневое развитие различных базовых и смежных трещин с определением расстояния между ними с помощью специальных моделей второго уровня (рис. 2), вырезаемых в плосконапряженной железобетонной составной конструкции в виде представительных объемов бетона (образуемых толщиной конструкции и размерами, соизмеримыми с шагом поперечной арматуры или с удвоенной толщиной защитного слоя продольной арматуры, соответственно), включающих поперечную или продольную арматуру.

Принимается, что развитие базовых и смежных трещин в плосконапряженных железобетонных составных конструкциях происходит по траекториям, приближающимся к прямым или ломанным линиям. При этом их проекции на горизонталь (вертикаль) отыскиваются на основе блочной модели с расчетными поперечными сечениями I–I и II–II, проходящими через начало и конец трещины, (уточняемых в процессе итераций; одно из этих сечений, как правило, привязывается к наибольшей силе, – опорной реакции R_{sup} или выходит на одну из граней конструкции (рис. 1) с привлечением экстремума функции многих переменных и множителей Лагранжа.

Возможно также наложение рассмотренных базовых и смежных трещин (рис. 1, г, д). Эти схемы нагрузления наиболее часто встречаются в практике строительства в особых условиях.

4. Действительная трещина заменяется предлагаемой моделью (рис. 3) с помощью расшивки конечных элементов (КЭ) в ПК «Лира-САПР» и деформационного воздействия $D=a_{crc,j}$ вдоль профиля трещины (учет эффекта нарушения сплошности выполняется как с помощью введения особого профиля трещины, так и с помощью формулы для определения ширины раскрытия трещин).

5. К расчету привлекается специальная расчетная двухэлементная консольная модель (рис. 4), с помощью которой выполняется последовательный итерационный анализ напряженно-деформированного состояния плоских консольных элементов, расположенных по траектории трещины, реализуемый с помощью «расшивки» и деформационного воздействия, учитывающего эффект нарушения сплошности бетона.

6. К расчету привлекается специальная расчетная двухэлементная консольная модель, позволяющая определить параметры шва между бетонами, опираясь на эксперименты сдвига шва призм с разными бетонами, в том числе, с арматурными стержнями в шве. При этом для определения напряженно – деформированного состояния плосконапряженных конечных элементов, прилегающих к шву, привлекается возможности вычислительного комплекса «Лира-САПР».

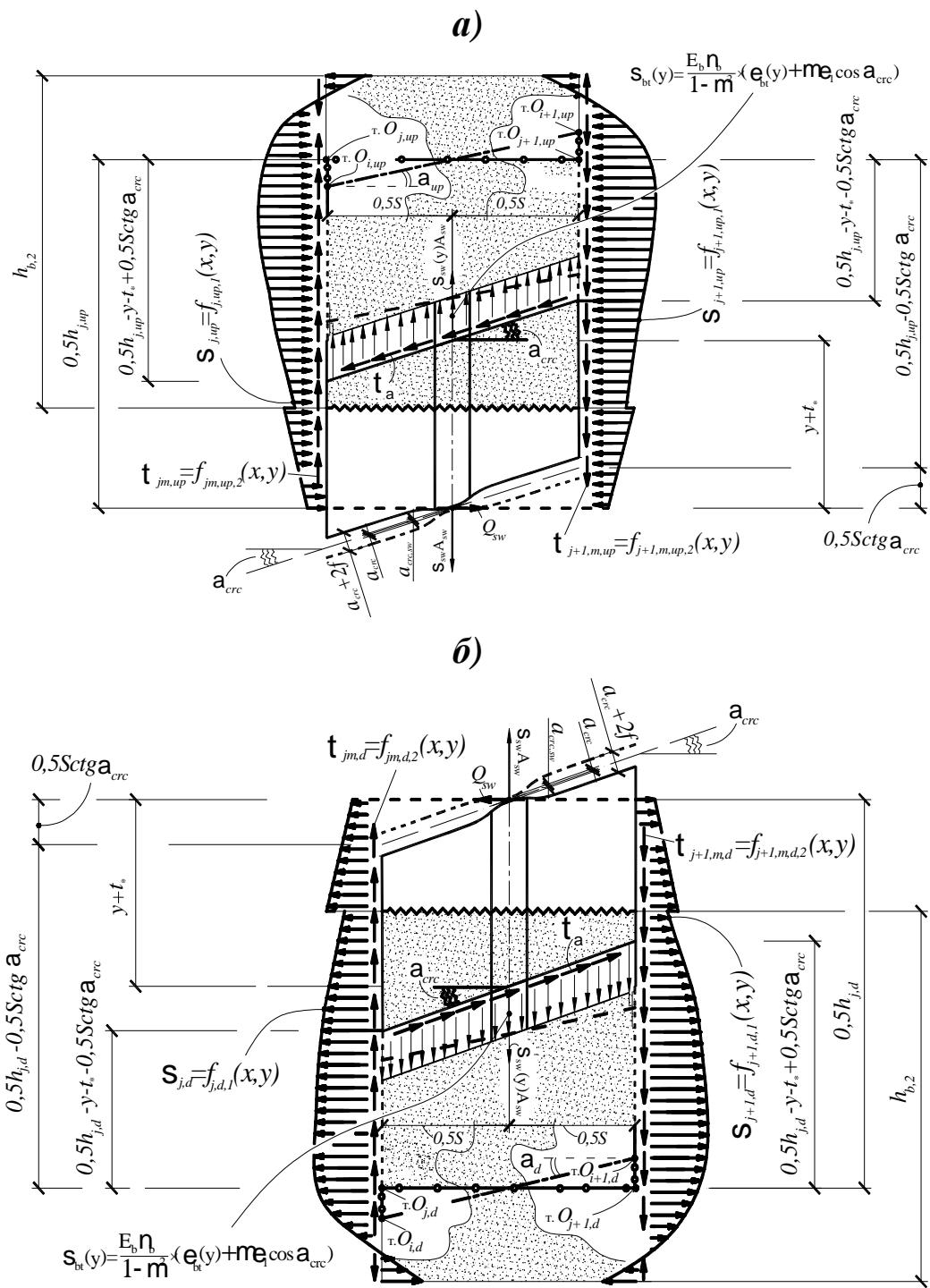


Рисунок 2 – Уровневая модель для определения деформаций растянутого бетона $\varepsilon_b(y)$ вдоль оси поперечной арматуры i -го уровня образования различных трещин и расстояния между ними в железобетонной составной конструкции: а – случай 1, б – случай 2

7. Проекции различных трещин на горизонталь (вертикаль) отыскиваются на основе блочной модели с расчетными поперечными сечениями I–I и II–II (рис. 5), проходящими через начало и конец трещины, (уточняемых в процессе итераций; одно из этих сечений, как правило, привязывается к наибольшей силе, – опорной реакции R_{sup} или выходит на одну из граней конструкции (рис. 1) с привлечением аналитических зависимостей, базирующихся на экстремуме функции многих переменных и множителей Лагранжа.

8. В плосконапряженных железобетонных составных конструкциях имеет место многоуровневый процесс развития различных трещин, определяемый специальными расчетными моделями (рис. 2) их уровневого появления, позволяющих отыскивать расстояния между трещинами и ширину их раскрытия с учетом эффекта нарушения сплошности;

Тщательный анализ при опорных трещин и трещин, прилегающих к сосредоточенной нагрузке позволяет выявить веер наклонных трещин, прилегающих к сосредоточенной нагрузке и веер возможных наклонных трещин, прилегающих к опоре [7], рис. 6.

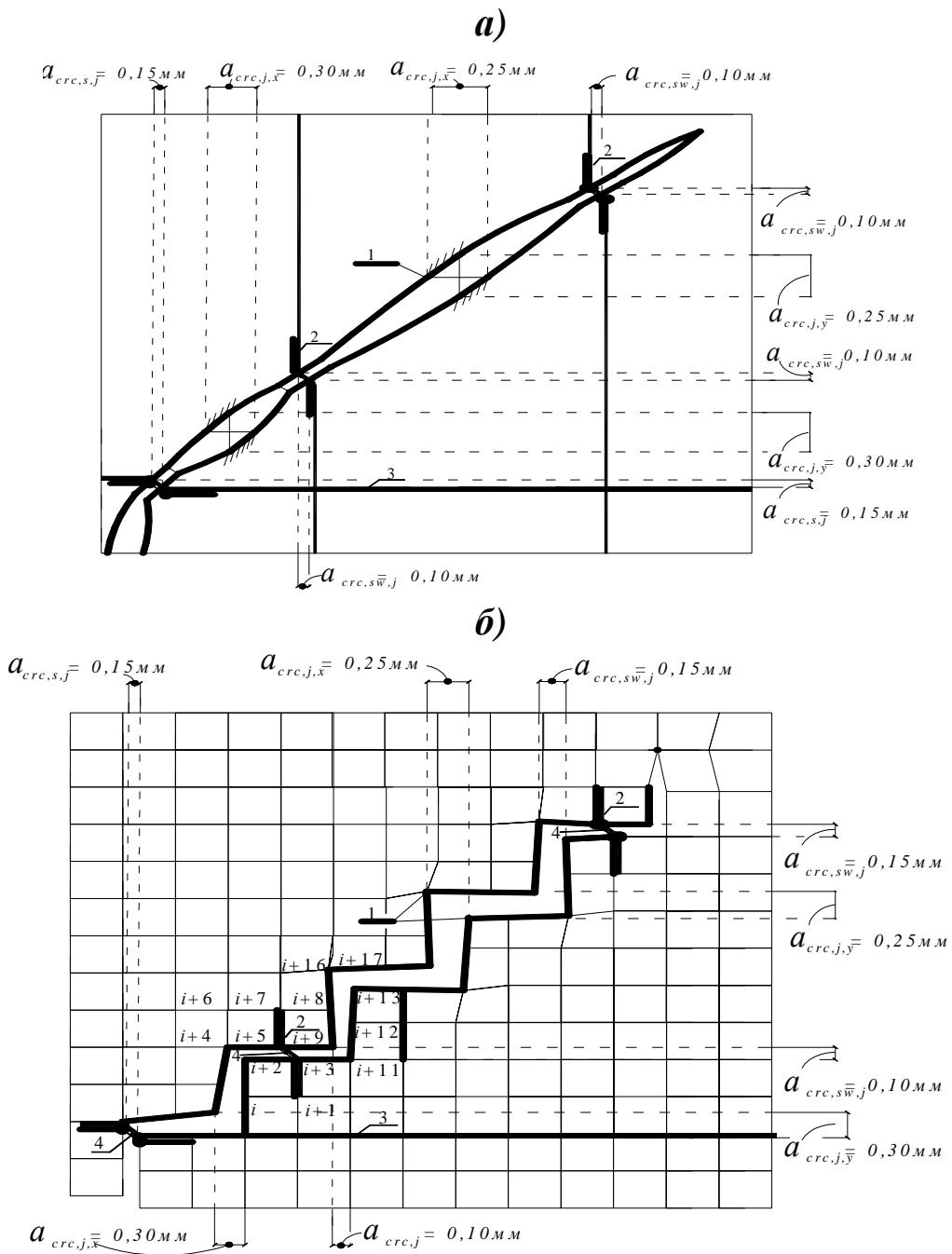


Рисунок 3 – Предлагаемая модель трещины: а) – действительная трещина; б) – моделируемая с помощью расшивки КЭ и деформационного воздействия $D = a_{crc,j}$

1 – трещина; 2 – поперечная арматура и ее моделирование с помощью 201 КЭ, 3 – продольная арматура и ее моделирование с помощью 201 КЭ; 4 – возможное закрытие трещины и его моделирование с помощью 255 КЭ

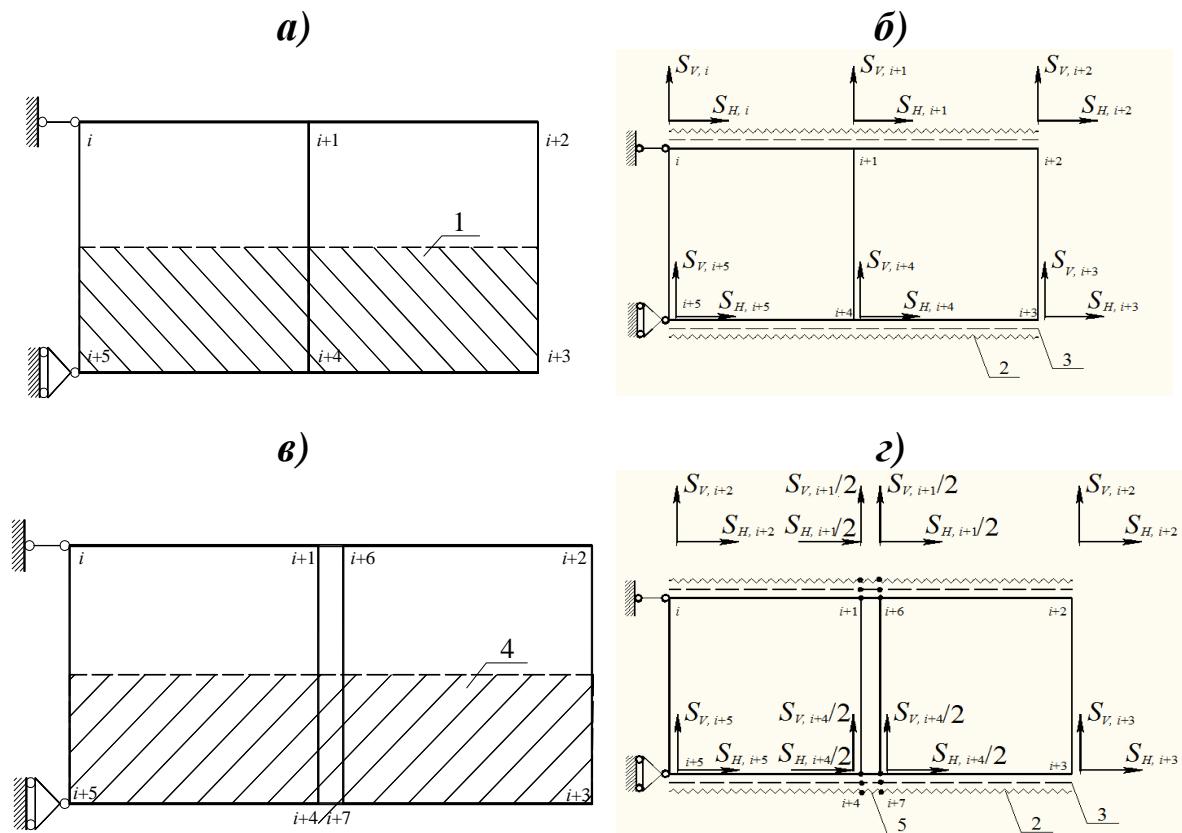


Рисунок 4 – Построение двухэлементной модели: а – сбор нагрузки для 255 КЭ; б – расчетная схема двухэлементной модели без расшивки; в – сбор нагрузки для 255 КЭ, установленного в щели; г – расчетная схема двухэлементной модели с расшивкой; 1 – грузовая площадь 255 КЭ; 2 – 255 КЭ ($A_{b 255,1} = A_{b 255}/4$, где $A_{b 255}$ – площадь 255 КЭ в основной модели, $A_{b 255,1}$ – площадь 255 КЭ в двухэлементной модели); 3 – 201 КЭ ($A_{s 201,1} = A_{s 201}/2$, где $A_{s 201}$ – площадь 201 КЭ в основной модели, $A_{s 201,1}$ – площадь 201 КЭ в двухэлементной модели); 4 – грузовая площадь 255 КЭ; 5 – 255 КЭ ($A_{b 255,2} = A_{b 255}/2$, где $A_{b 255}$ – площадь 255 КЭ в основной модели, $A_{b 255,2}$ – площадь 255 КЭ в двухэлементной модели)

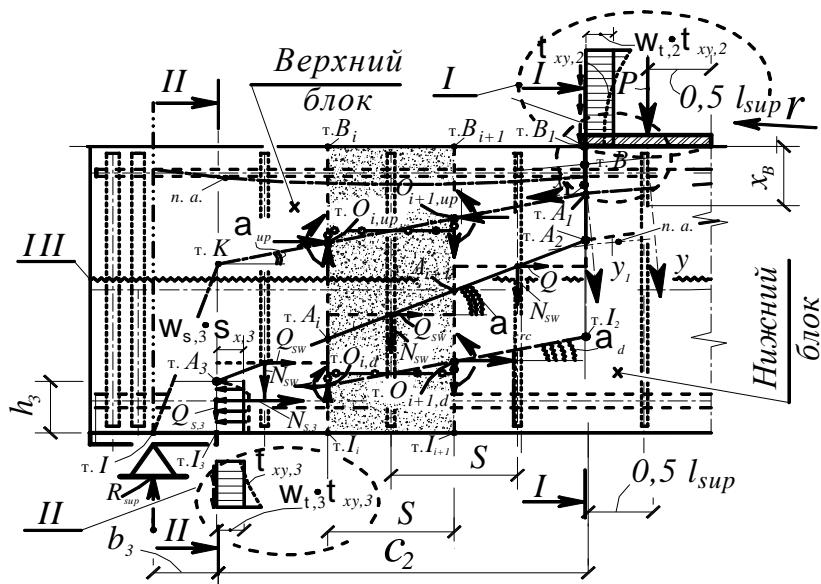


Рисунок 5 – Блочная расчетная схема с расчетными поперечными сечениями I–I и II–II для определения проекции наклонной трещины в плосконапряженных железобетонных составных конструкциях I и II – эпюры касательных напряжений в сечениях I–I и II–II, соответственно; III – шов между бетонами

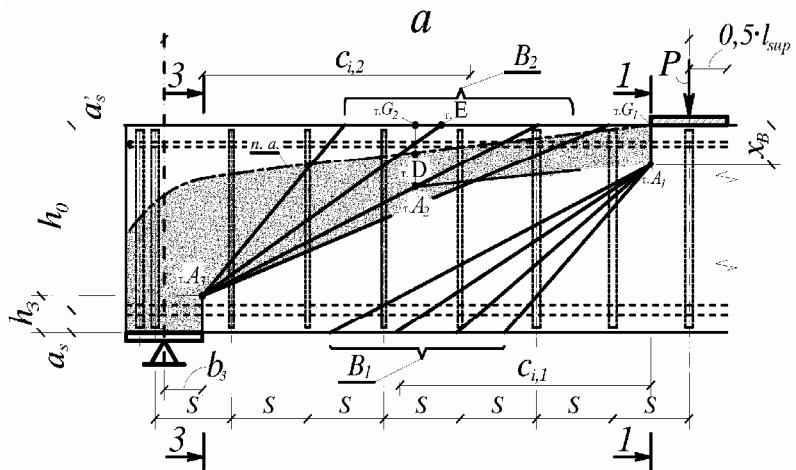


Рисунок 6 – К анализу приопорных трещин и трещин, прилегающих к сосредоточенной нагрузке при изгибе характере нагружения: В1 – веер наклонных трещин, прилегающих к сосредоточенной нагрузке; В2 – веер возможных наклонных трещин, прилегающих к опоре

На основании выявленных вееров и углубленного исследования природы и характера трещинообразования плосконапряженных железобетонных составных конструкций стало возможным дальнейшее развитие расчетной модели второго уровня (рис. 2) для определением расстояния между трещинами и ширины раскрытия различных трещин, основанной на оценке действительного напряженного и деформированного состояния бетона и арматуры. Вырезаемых в плосконапряженной железобетонной составной конструкции в виде представительных объемов бетона (образуемых толщиной конструкции и размерами, соизмеримыми с шагом поперечной арматуры или с удвоенной толщиной защитного слоя продольной арматуры, соответственно), включающих поперечную или продольную арматуру.

Рассматривая равновесие этой расчетной модели второго уровня в виде проекций всех сил на вертикальную (а для продольной арматуры, - на горизонтальную) ось отыскиваются деформации растянутого бетона $\varepsilon_b(y)$ между различными трещинами, которые в дальнейшем используются для определения расстояния между трещинами и ширины их раскрытия в плосконапряженной железобетонной составной конструкции.

На основании предложенной расчетной модели ширины раскрытия наклонных трещин в составных железобетонных конструкциях стало возможным также уточнение параметров напряженно-деформированного состояния в плосконапряженных железобетонных составных конструкций при наличии различных трещин при учете эффекта нарушения сплошности.

Это послужило основанием для разработки методики расчета жесткости в плосконапряженных железобетонных составных конструкциях, которая сводится к следующему алгоритму, рассмотренному в двух вариантах с привлечением программного комплекса ПК «Лира-САПР».

Первый вариант выполняется без изменения заданного порядка и номеров плоских КЭ. В КЭ, прилегающих к неявным трещинам, уменьшается их толщина. Работа каждой пары КЭ вычисляется дважды с использованием двухэлементной консольной модели (ДКМ) (рис. 4): до расшивки КЭ (W_1) и после расшивки КЭ от раскрытия трещин с учетом эффекта нарушения сплошности (W_2) (при этом полевое армирование заменяется двумя стержневыми фибральными КЭ). Усилия в узлах ДКМ определяются из нелинейного расчета всей плосконапряженной конструкции. Перемещения узлов определяются из расчета ДКМ с приложенными в узлах усилиями (рис. 4). В результате новая толщина КЭ, прилегающих к трещине, определяется по формуле: $b_i = (W_1/W_i)b_1$. Алгоритм расчета предполагает наличие итерационного процесса, регулируемого достигнутой точностью толщины указанных КЭ.

По второму варианту жесткость плосконапряженных железобетонных составных конструкций определяется с использованием специального приема моделирования явных трещин – щелей, при их раскрытии и закрытии рис. 3, б, с учетом эффекта нарушения сплошности и несовместности деформаций бетона и арматуры. Арматурные стержни – моделируются дополнительными 201 КЭ, а возможное закрытие трещины, – бетонными 255 КЭ.

Таким образом, предложен метод расчета жесткости железобетонных конструкций при наличии трещин, пригодный для стержневых и плосконапряженных железобетонных составных конструкций, в основу которого положены рабочие предпосылки, базирующиеся на новой, наиболее полной классификации различных трещин; специальной модели трещин; расчетной двухэлементной консольной модели; специальной консольной модели для определения параметров шва между бетонами; блочной расчетной модели с рабочими сечениями, проходящими через начало и конец трещины, для определения проекций различных трещин на горизонталь (вертикаль) с привлечением аналитических зависимостей, базирующихся на экстремуме функции многих переменных и множителей Лагранжа, а также привлечение уровневых моделей многоуровневого развития различных трещин, позволяющих отыскивать расстояния между трещинами и ширину их раскрытия с учетом эффекта нарушения сплошности, который позволяет существенно упростить процесс определения жесткости железобетонных составных конструкций, несмотря на всю сложность и многообразие картины трещинообразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голышев, А. Б. Сопротивление железобетона [Текст] / А. Б. Голышев, В. И. Колчунов. – К.: Основа, 2009. – 432 с.
2. Колчунов, В.И. Методика определения жесткости плосконапряженных и стержневых железобетонных составных конструкций при сейсмических воздействиях [Текст] / В.И. Колчунов, Н.Г. Марьенков, Е.В. Омельченко и др. // Промышленное и гражданское строительство. – М. : 2014. – №2. – С. 12–15.
3. Колчунов, В. И. Расчет жесткости плосконапряженных стен с привлечением ПК «Лира-Про» по методике новых норм [Текст] / В. И. Колчунов, Т. В. Тугай, И. А. Яковенко, Н. Г. Марьенков, // Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. збірник – К. : КНУБА, 2014. – Вип. 53. – С. 209– 221.
4. Колчунов, В. И. Сопротивление плосконапряженных стен перекосу при наличии диагональной трещины с привлечением программного комплекса «Лира-Pro» [Текст] / В. И. Колчунов, Н. Г. Марьенков, Т. В. Тугай, И. А. Яковенко // Зб. наук. праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава : ПолтНТУ, 2015. – Вип. 1(43). – Т. 1. – С. 178–190.
5. Тугай, Т. В. Методика расчета жесткости плосконапряженных железобетонных составных конструкций [Текст]: дис. ... к-та техн. наук: 05.23.01 / Тугай Татьяна Владимировна. – К.: Национальный авиационный университет, 2015. – 210 с.
6. Баширов, Х.З. Ширина раскрытия наклонных трещин третьего типа в составных железобетонных конструкциях [Текст] / Х.З. Баширов, А.А. Дородных, В.И. Колчунов // Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. – № 6. – С. 3–7.

Колчунов Владимир Иванович

Национальный авиационный университет, г. Киев

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры компьютерных технологий строительства
E-mail: vikolchunov@mail.ru

Яковенко Игорь Анатольевич

Национальный авиационный университет, г. Киев

Кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры компьютерных технологий строительства
E-mail: i2103@ukr.net

Лымар Янина Васильевна

Национальный авиационный университет, г. Киев

Ассистент кафедры компьютерных технологий строительства, соискатель
E-mail: talainel@yandex.ru

VI. KOLCHUNOV, I. YAKOVENKO, V. LIMAR

THE RIGIDITY OF REINFORCED CONCRETE FLAT-STRAINED COMPOSITE CONSTRUCTIONS IN THE PRESENCE OF DIFFERENT CRACKS

It is proposed the method for rigidity calculating of reinforced concrete constructions in the presence of cracks, suitable for rod and flat-strained concrete composite construction. It is based on the working conditions, which are based on: a new, more complete classification of the various cracks, a special crack's mode\$, the calculation of the two-console model; a special cantilever model to determine the parameters of the joint between the concrete; block's calculation model with the working section at the beginning and end of the crack to determine the projections of various cracks in the horizontal (vertical) with the involvement of analytical relationships. They are based on the extremum of a function of many variables and Lagrange multipliers, as well as attracting level model of multi-level development of the various cracks, which allow to find the distance between the cracks and width of their disclosure, taking into account the effect of discontinuities. This effect can greatly simplify the process of determining the rigidity of reinforced flat-strained concrete composite constructions, despite the complexity and diversity of the crack pattern.

Key words: rigidity, reinforced composite structures, computational model, the working conditions, the scheme of cracks.

BIBLIOGRAPHY

1. Golyshev, A. B. Soprotivleniye zhelezobetona [Text] / A. B. Golyshev, V. I. Kolchunov. – K.: Osnova, 2009. – 432 s.
2. Kolchunov, V.I. Metodika opredeleniya zhestkosti ploskonapryazhennykh i sterzhnevyykh zhelezobetonnykh sostavnykh kon-struktsiy pri seysmicheskikh vozdeystviyakh [Text] / V.I. Kolchunov, N.G. Mar'yenkova, Ye.V. Omel'chenko i dr. // Promysh-lennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. – M. : 2014. – №2. – S. 12–15.
3. Kolchunov, V. I. Raschet zhestkosti ploskonapryazhennykh sten s privlecheniyem PK «Lira-Pro» po metodike novykh norm [Text] / V. I. Kolchunov, T. V. Tugay, I. A. Yakovenko, N. G. Mar'yenkova, // Místobuduvannya ta teri-toriál'ne planuvannya : nauk.-tekhn. zbirnik – K. : KNUBA, 2014. – Vip. 53. – S. 209–221.
4. Kolchunov, V. I. Soprotivleniye ploskonapryazhennykh sten perekosu pri nalichii diagonal'noy treshchi-ny s privlecheniyem programmnogo kompleksa «Lira-Rro» [Text] / V. I. Kolchunov, N. G. Mar'yenkova, T. V. Tugay, I. A. Yakovenko // Zb. nauk. prats' (galuzeve mashinobuduvannya, budívnitstvo). – Poltava : PoltNTU, 2015. – Vip. 1(43). – T. 1. – S. 178–190.
5. Tugay, T. V. Metodika rascheta zhestkosti ploskonapryazhennykh zhelezobetonnykh sostavnykh konstruktsiy [Text] : dis. ... k-ta tekhn. nauk: 05.23.01 / Tugay Tat'yana Vladimirovna. – K.: Natsional'nyy aviatzionnyy universitet, 2015. – 210 s.
6. Bashirow, KH.Z. Shirina raskrytiya naklonnykh treshchin tret'yego tipa v sostavnykh zhelezobetonnykh konstruktsiyakh [Text] / KH.Z. Bashirow, A. A. Dorodnykh, V. I. Kolchunov // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. – 2012. – № 6. – S. 3–7.

VI. Kolchunov

National Aviation University, Kyiv

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computer Technologies of construction

E-mail: vikolchunov@mail.ru

I. Yakovenko

National Aviation University, Kyiv

Candidate of Technical Sciences, associate professor, doctoral student of the Department of Computer Technologies of construction

E-mail: i2103@ukr.net

Y. Limar

National Aviation University, Kyiv

Assistant Professor of the Department of Computer Technologies of construction, the applicant

E-mail: talainel@yandex.ru

АНАЛИЗ РАБОТЫ НАГЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ БРУСКОВ С ТОНКОЙ СТАЛЬНОЙ ПЛАСТИНОЙ

В связи с ростом спроса на индивидуальные жилые деревянные дома возникает необходимость в новых экономичных элементах деревянных каркасов. Исходя из этого, на кафедре МДК КФУ была разработана новая конструкция комбинированной балки, в качестве стенки в которой используется тонкий волнистый стальной лист. В статье изложены результаты проведенного эксперимента по исследованию симметричного нагельного соединения деревянных брусков с тонкой стальной стенкой на основании конечно-элементной модели в ПК ANSYS.

Ключевые слова: Составная комбинированная балка, стальная стенка, деревянные бруски, стальной нагель, симметричное нагельное соединения, МКЭ, ANSYS, нелинейность.

Цель работы

Проанализировать работу и определить несущую способность нагельного соединения деревянных брусков с тонкой стальной пластиной-прокладкой на основании расчета КЭ модели в программе ANSYS [6]. Определить разницу между результатами, полученными в программном комплексе и при расчете по методике СНиП II-25-80 [1] и СНиП II-23-81.

Задачи

1. Создать КЭ модель нагельного соединения в ПК ANSYS.
2. Проанализировать НДС соединения на основании графиков и изополей построенных по результатам расчета.
3. Определить самый слабый элемент соединения и несущую способность всего соединения
4. Определить несущую способность исследуемого нагельного соединения по методике СНиП II-25-80 и СНиП II-23-81.
5. Сравнить результаты расчета в ПК ANSYS с результатами расчета по методике СНиП II-25-80 и СНиП II-23-81.

Предпосылки

На кафедре «Металлические и деревянные конструкции» Академии Строительства и Архитектуры Крымского Федерального Университета проводятся исследования работы комбинированных составных деревянных балок со стенкой из тонкого волнистого стального листа. На данное техническое решение получен патент Российской Федерации.

Соединение стенки с полками в составной балке выполнено с помощью стальных саморезов. Работа данного соединения в значительной мере обеспечивает несущую способность всей конструкции балки в целом.

Исследование нагельного соединения брусков с волнистой пластиной было решено начать с изучения работы соединения более простой конструкции – деревянных брусков с плоской стальной стенкой.

Работу нагельных соединений исследовали многие ученые как отечественные - В.Ф. Иванов, Л.Н. Мальцев, М.Н. Каган, В.Н. Маслов, Б.Л. Николаи, Г.Г. Карлсен, В.М. Коченов [3], А.В. Леняшин, Ю.В. Слицкоухов, В.В. Стоянов [4], так и зарубежные - А. Жаксон, Т. Гестеши, О. Граф, К.В. Йогансен, I. Smith [5]. Однако, при применении в нагельном соединении

стальных пластин в качестве накладок или прокладок их толщина принималась не менее 5мм. Таким образом, в данной статье рассматривается применимость существующих методик расчета симметричных нагельных соединений с тонкой стальной прокладкой [2].

Экспериментальная модель

Для анализа работы элементов соединения была разработана конечно-элементная модель нагельного соединения деревянных брусков с тонкой стальной пластиной-прокладкой в программе ANSYS.

В модуле ANSYS DesignModeler геометрическая модель нагельного соединения деревянных брусков сечением 40x40 мм пластин сечением 40x0,7мм соединенных двумя нагелями-цилиндрами диаметром 5мм и длиной 85,7 мм. (рисунок 1).

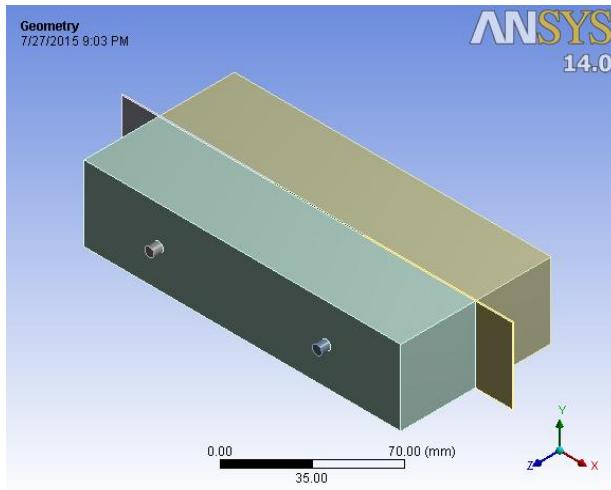


Рисунок 1 – Геометрическая модель нагельного соединения

В качестве материала деревянных брусков в связи используется линейный ортотропный материал со следующими характеристиками:

- модуль упругости в направлении оси X - $E_x = 1,21 \cdot 10^{10}$ Па;
- модуль упругости в направлении оси Y - $E_y = 6 \cdot 10^8$ Па;
- модуль упругости в направлении оси Z - $E_z = 6 \cdot 10^8$ Па;
- модуль сдвига по осям XY - $G_{xy} = 1,21 \cdot 10^9$ Па;
- модуль сдвига по осям YZ - $G_{yz} = 7,8 \cdot 10^8$ Па;
- модуль сдвига по осям ZX - $G_{zx} = 7,8 \cdot 10^8$ Па;
- коэффициент Пуассона по осям XY - $\mu_{xy} = 0,5$;
- коэффициент Пуассона по осям YZ - $\mu_{yz} = 0,03$;
- коэффициент Пуассона по осям ZX - $\mu_{zx} = 0,033$;

Для стальных прокладок использован материал, соответствующий по характеристикам стали марки 08ПС:

- модуль упругости $2,03 \cdot 10^{11}$ Па;
- коэффициент Пуассона 0,3;
- предел текучести $2,2 \cdot 10^8$ Па;
- предел прочности $3,65 \cdot 10^8$ Па;

С целью воспроизведения нелинейных свойств стали используется билинейная модель с кинематическим упрочнением.

Для стальных нагелей использован материал, соответствующий по характеристикам стали марки 1022 (AISI):

- модуль упругости $2,1 \cdot 10^{11}$ Па;

- коэффициент Пуассона 0,3;
- предел текучести $2,05 \cdot 10^8$ Па;
- предел прочности $3,8 \cdot 10^8$ Па;

С целью воспроизведения нелинейных свойств стали используется билинейная модель с кинематическим упрочнением.

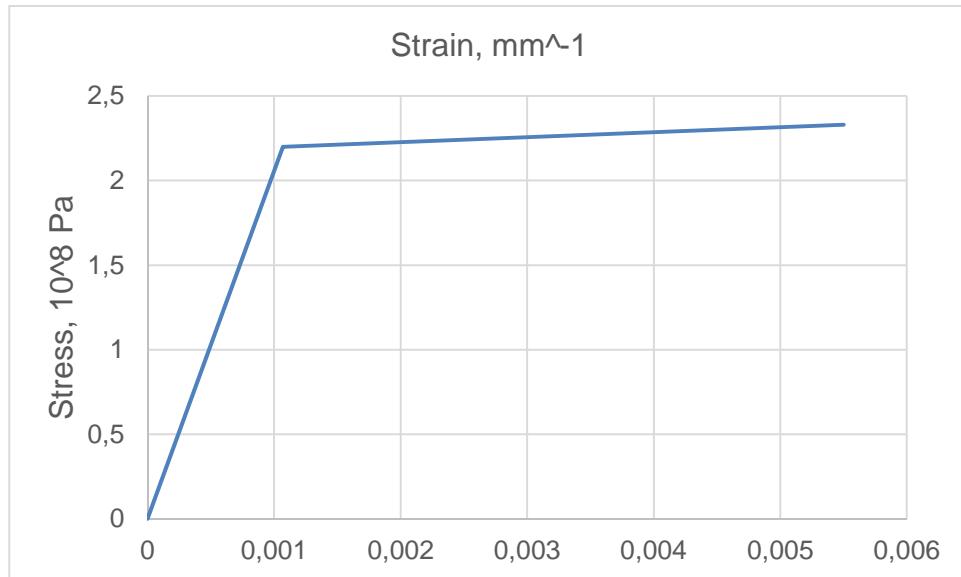


Рисунок 2 – Диаграмма работы стали 08ПС

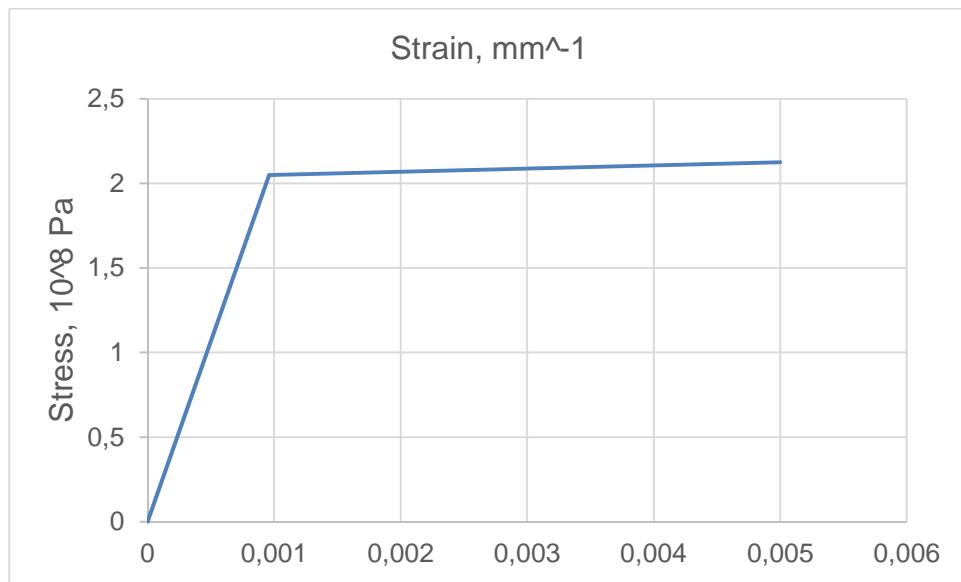


Рисунок 3 – Диаграмма работы стали 1022

Контакт между стальной пластиной и деревянными брусками задан без трения. Контакт между нагелями с брусками и стальными пластинами - задан фрикционным с коэффициентом трения равным единице.

Модель соединения закреплена в пространстве через жесткое защемление торца одной стальной пластины. К торцу противоположной стальной пластин было приложена нагрузка равная 2,2 кН. Нагрузка прикладывалась двумя ступенями по 1,1 кН.

Анализ работы нагельного соединения.

По результатам расчета можно сделать вывод, что самым слабым элементом соединения является стальная пластина-прокладка толщиной 0,7 мм. При приложенной нагрузке равной 2,4 кН эквивалентные напряжения в некоторых участках пластины примыкающих к телу нагеля (рисунок 4) составили 580,5 МПа, что в несколько раз превышает значение предельной прочности стали 08ПС равной – 365 МПа. Согласно изополям эквивалентных напряжений в элементах разрушение соединения происходит от разрыва металлической пластины в направлении перпендикулярном вектору приложения силы с последующим смятием пластины от главных сжимающих напряжений в зоне контакта с нагелем в направлении совпадающем с вектором приложения силы.

Эквивалентные напряжения в стальной пластине равные пределу прочности стали марки 08ПС – 365 МПа были достигнуты при нагрузке равной 1,7 кН.

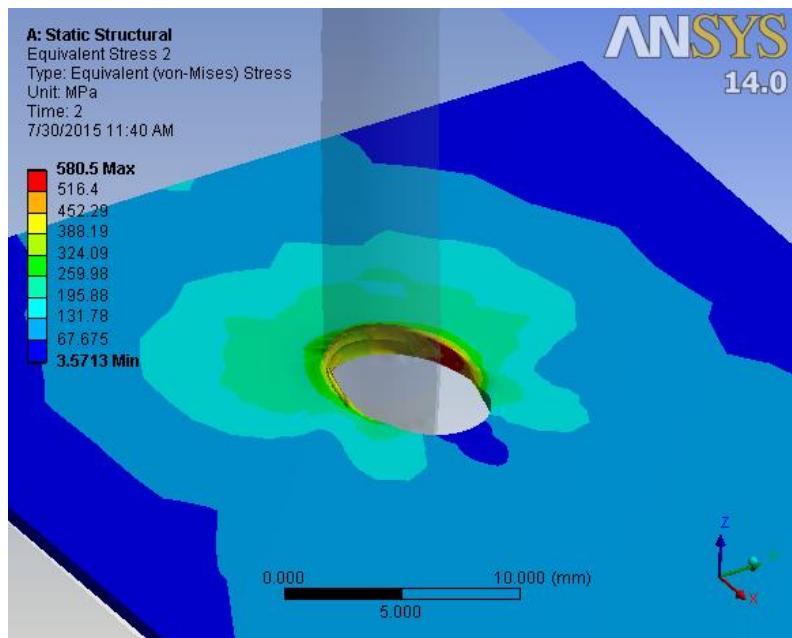


Рисунок 4 – Эквивалентные напряжения в стальной пластине при нагрузке 2,4 кН

В нагеле максимальные всплески эквивалентных напряжений в некоторых местах составили 372 МПа при нагрузке 2,4 кН, что меньше предела прочности стали нагеля равной 380 МПа. При нагрузке 1,7 кН являющейся разрушающей для стальной пластины эквивалентные напряжения составили 246 МПа, что на 41 МПа больше предела текучести стали 1022 и не влияет на несущую способность соединения в целом.

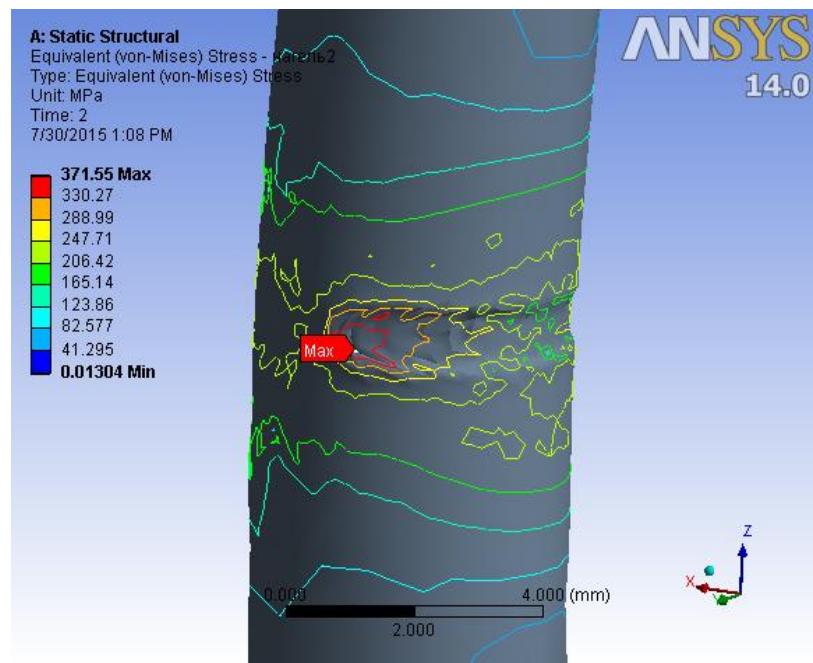


Рисунок 5 – Максимальные эквивалентные напряжения в нагеле

Локальные всплески эквивалентных напряжений на краевых участках в местах установки нагелей в деревянных брусьях при нагрузке 2,4 кН составили 44,3 МПа. При нагрузке 1,7 кН эквивалентные напряжения равнялись 34,7 МПа, что больше предельной прочности древесины на скальвание вдоль волокон равной 1,8 МПа, что указывает на наличие местного скола, однако полученный местный скол древесины в зонах контакта с нагелем практически не оказал влияния на несущую способность всего соединения в целом.

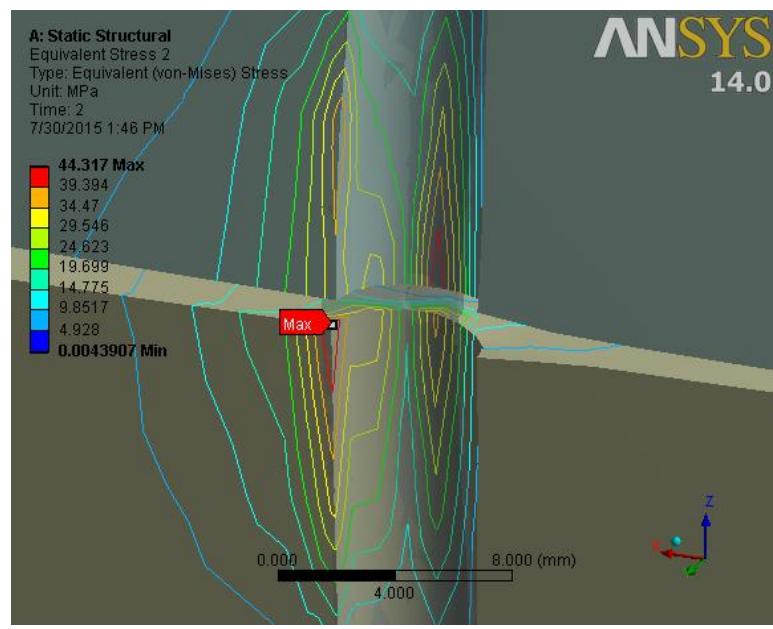


Рисунок 6 – Максимальные эквивалентные напряжения в деревянном брусе при нагрузке 2,4 кН

Расчет по методике СНиП

Согласно п. 5.16 [1] нагельное соединение с металлическими накладками и прокладками рассчитывают аналогично нагельным соединениям состоящим только из деревянных элементов. Однако при необходимости металлический элемент рассчитывается на прочность из

условия смятия. Таким образом, несущая способность исследуемого нагельного соединения определяется как наименьшее значение из двух:

– несущей способности из условия смятия крайних деревянных элементов и несущей способности:

$$T = 0,8 \cdot c \cdot d = 0,8 \cdot 4 \cdot 0,5 = 1,6 \text{ кН},$$

– смятие среднего металлического элемента согласно п. 11.7* СНиП II-23-81:

$$T = R_{bp} \cdot \gamma_b \cdot d \cdot t = 500 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,07 = 1,75 \text{ кН},$$

Где T - несущая способность нагельного соединения, кН,

c – толщина крайнего (деревянного) элемента,

d – диаметр нагеля;

R_{bp} – расчетное несущая сопротивление металлического листа смятию,

γ_b – коэффициент условий работы соединения (принят равным 1),

t – толщина металлической пластины.

Анализ результатов

Таким образом, согласно расчету по методике [1] наименее прочным элементом нагельного соединения является деревянный брус, однако согласно расчету в ПК ANSYS местное смятие древесины в районе шва между стальной прокладкой и бруском не оказывает влияние на прочность соединения в целом. Немного прочнее, согласно [1], оказывается стальная пластина, несущая способность которой – 1,75 кН. Предел прочности стальной пластины по результатам ПК ANSYS наступает при нагрузке 1,7 кН, что на 2,86% меньше результата полученного по методике [1].

Заключение

На основании результатов расчета конечноэлементной модели нагельного соединения в программе ANSYS было установлено:

1. Наименее прочный элемент соединения – стальная пластина толщиной 0,7 мм из стали марки 08ПС, при этом разрушение пластины происходит от действия растягивающей составляющей нормальных напряжений.

2. Несущая способность нагельного соединения составляет 1,7 кН, что продиктовано прочностью стальной пластины.

3. Наименее прочный элемент соединения согласно расчету по методике СНиП – деревянный брус, несущая способность которого – 1,6 кН. Более прочный элемент – стальная пластина, которая разрушается при нагрузке – 1,75 кН.

4. Разница между значениями несущей способности стальной прокладки, полученные при расчете по методике СНиП и по расчету в ПК ANSYS – 2,86%.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о допустимости использования ПК ANSYS для дальнейшего исследования работы нагельного соединения деревянных брусков с тонкой стальной волнистой пластиной – прокладкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования [Текст]. - М.: Стройиздат, 1996.
2. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) [Текст] / ЦНИИСК им. Кучеренко. - М.: Стройиздат, 1986.
3. Коченов, В. М. Экспериментально – теоретические исследования деревянных конструкций [Текст] / В. М. Коченов. - М.: ОНТИ, 1938. - 276 с.
4. Стоянов В.В. «Экспериментальные исследования двутавровых деревянных балок» [Текст] / В.В. Стоянов // Сб. научных трудов «Современные строительные конструкции из металла и древесины». – Одесса, 2005. – Ч.1 – С. 208-213.
5. Smith I. Design Method for Connections in Engineered Wood Structures / Ian Smith, Andi Asiz, Monica Snow/ Faculty of Forestry and Environmental Management University of New Brunswick, Fredericton, 2006. 80 p.

6. Sham T. Ansys workbench 14.0 for Engineers and designers / Dreamtech Press, 2013. 412 p.

Лютов Лев Викторович

ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный Университет им. В.И. Вернадского», Симферополь
Аспирант кафедры металлических и деревянных конструкций
E-mail: odie@i.ua

L. LYUTOV

ANSYS ANALYSIS OF LOAD-BEARING BEHAVIOR AND FAILURE MECHANISM OF THIN STEEL PLATE-TO-TIMBER DOWEL CONNECTION

With the increasing demand for individual residential houses there is a need of new cost-effective elements of timber structures. Accordingly, we developed a new design of the composite beam with corrugated steel web. Timber flanges with thin steel web fit together by the dowel joint. The paper concludes results of ANSYS structural analysis of load-bearing behavior and failure mechanism of FE model of thin steel plate-to-timber dowel connection.

Keywords: Composite timber beams, steel web, timber flanges, steel dowel, symmetrical dowel connection, FEM, ANSYS, nonlinearity.

BIBLIOGRAPHY

1. 1. SNiP II-25-80. Derevyannyye konstruktsii. Normy proyektirovaniya [Tekst]. - M.: Stroyizdat, 1996.
2. Posobiye po proyektirovaniyu derevyannyykh konstruktsiy (k SNiP II-25-80) [Tekst] / TSNIISK im. Kucherenko. - M.: Stroyizdat, 1986.
3. Kochenov, V. M. Eksperimental'no – teoreticheskiye issledovaniya derevyannyykh konstruktsiy [Tekst] / V. M. Kochenov. - M.: ONTI, 1938. - 276 s.
4. Stoyanov V.V. «Eksperimental'nyye issledovaniya dvutavrovyykh derevyannyykh balok» [Tekst] / V.V. Stoyanov // Sb. nauchnykh trudov «Sovremennyye stroitel'nyye konstruktsii iz metalla i drevesiny». – Odessa, 2005. – CH.1 – S. 208-213.
5. Smith I. Design Method for Connections in Engineered Wood Structures / Ian Smith, Andi Asiz, Monica Snow/ Faculty of Forestry and Environmental Management University of New Brunswick, Frederictonh, 2006. 80 p.
6. Sham T. Ansys workbench 14.0 for Engineers and designers / Dreamtech Press, 2013. 412 p.

L. Liutov

Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.
Postgraduate at the department of Metal and wood structures.
E-mail: Odie@i.ua

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИЦЕВОЙ МЕМБРАНЫ МЕМБРАННОЙ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ НАКЛОНА

Одним из перспективных направлений совершенствования конструкций в области подпорных стен является применение мембранных подпорных стен. Автором предложено несколько конструктивных решений мембранных подпорных стен. Представлены результаты численного эксперимента по изучению изменения напряженно-деформированного состояния, в зависимости от угла наклона лицевой мембраны. Установлено, что наиболее рациональным углом наклона лицевой мембраны является угол соответствующий углу внутреннего трения грунта засыпки. Определены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: подпорная стена, лицевая мембрана, угол наклона

Постановка проблемы. Известно множество конструктивных решений подпорных стен, которые непрерывно совершенствуются и развиваются. Одним из перспективных направлений совершенствования конструкций в данной области является применение мембранных подпорных стен, основным конструктивным элементом которых являются гибкие мембранны в виде тканых полотнищ, пленок, сеток из синтетических материалов, а так же нетканых геотекстильных материалов.

Применение синтетических материалов в качестве конструкционных для подпорных стен имеет целый ряд преимуществ:

- появляется возможность проектирования подпорных стен значительной высоты и практически любой конфигурации, стены данной конструкции обладают оптимальным соотношением веса и несущей способности;
- обеспечивается быстрая и экономичная транспортировка основных конструктивных элементов подпорной стены;
- сокращается продолжительность строительства вследствие простоты технологического процесса, исключающего использование тяжелых строительных механизмов (сваебойного, подъемного), исключаются мокрые процессы на строительной площадке;
- обеспечивается снижение материалоемкости, появляется возможность использования местных грунтов в качестве основного строительного материала;
- не требуется значительное заглубление фундаментов, что облегчает строительство и позволяет в минимальной степени нарушать геологическую структуру нижележащих слоев грунта;
- стены данной конструкции долговечны и экологичны, удобны при строительстве в стесненных условиях, кроме этого они обладают повышенной сейсмической устойчивостью и пониженной чувствительностью к неравномерным осадкам, что позволяет использовать их при грунтах с низкой несущей способностью.

Несмотря на очевидные преимущества, массовое применение мембранных подпорных стен в нашей стране не происходит. Одной из причин этого является отсутствие надежных, проверенных, имеющих нормативную подоснову, методик расчета.

Анализ достижений и публикаций. Тем не менее, исследования в этом направлении ведутся достаточно активно как в Украине, России, так и за рубежом. В работе [2] подробно представлены области применения, конструктивные решения, основы расчета сооружений из армированного грунта, в работе [3] отражены исследования характеристик грунтового массива

армированного геоматериалами, методики расчета массивных и тонкостенных конструкций подпорных сооружений рассмотрены в работах [1;9]. В Академии строительства и архитектуры КФУ им. В.И. Вернадского на кафедре строительных конструкций в течение многих лет ведутся научные исследования в области конструкций подпорных стен [10]. Совершенствовались как традиционные конструкции, так и разрабатывались новые конструктивные решения. Автором предложен ряд конструктивных решений мембранных подпорных стен [7;8], которые можно разделить на два основных типа. В подпорных стенах первого типа вертикально расположенные гибкие лицевые мембранны, воспринимают давление грунта и передают усилия на контрфорсы, которые в свою очередь закреплены посредством горизонтальных анкеров, армирующих грунт. Анкера могут быть выполнены из металлических полос, тросов или из того же материала, что и сами мембранны. В подпорных стенах второго типа лицевые мембранны расположены под углом и опираются на контрфорсы рамной конструкции. Одним из недостатков таких подпорных стен, в случае выполнения лицевой мембранны из тканых синтетических материалов, является возможность её механического повреждения. С целью защиты лицевой мембранны могут выполняться защитные железобетонные экраны, одновременно выполняющие функции придания подпорной стене биопозитивных свойств.

Исследовательская часть и результаты. Автором проводились теоретические и экспериментальные исследования подпорной стенки первого типа с вертикальным расположением лицевой мембранны [6]. Лицевые мембранны и анкера, армирующие грунт, выполненные из стеклоткани. Лицевая мембрана деформируется под воздействием давления грунта и внешней нагрузки, вследствие чего ее напряженно деформированное состояние изменяется в процессе нагружения. В ходе исследования получены: деформированная схема мембранный подпорной стенки; картины распределения нормальных напряжений в лицевой мемbrane в вертикальном и горизонтальном направлениях от активного давления грунта и внешней нагрузки. Деформация лицевой мембранны имеет каплевидную форму. В лицевой мемbrane возникают растягивающие напряжения, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении практически по всей площади, что отвечает оптимальной работе материала мембранны. Негативно на работе лицевой мембранны сказываются незначительные сжимающие напряжения, возникающие в верхней части мембранны, которые могут вызвать её нежелательное деформирование.

Предметом исследования, результаты которого представлены в данной работе, является мембранный подпорный стена второго типа, описанного выше. Целью исследования является изучение влияния угла наклона лицевой мембранны на напряженно-деформированного состояния элементов мембранный подпорной стены. Для исследуемой подпорной стены принято следующее конструктивное решение, представленное на рис.1. Лицевые мембранны толщиной 1мм из стеклоткани опираются на металлические контрфорсы рамной конструкции. Контрфорсы установлены на фундаменты. Высота стенки 1.2 м, шаг контрфорсов 0.6м. Предусмотрена возможность изменения угла наклона одной из стоек контрфорса, на которую опирается лицевая мембрана. Исследовались подпорные стены с углом наклона лицевой мембранны к вертикальной плоскости в направлении от грунта $j = 22^\circ; 28^\circ; 34^\circ$, где угол наклона $j = 28^\circ$ соответствует углу внутреннего трения грунта засыпки.

Для исследований напряженно деформированного состояния лицевой мембранны и характера его изменения был принят программный комплекс «Лира-Windows» версия 9.4 [4;5]. Была создана расчетная схема трех секций подпорной стены рассматриваемой конструкции. На рис.2 представлены расчетные схемы подпорных стен с вертикальным расположением лицевой мембранны (угол наклона лицевой мембранны к вертикальной плоскости в направлении от грунта $j = 0^\circ$) (рис.2а) и с расположением лицевой мембранны под углом наклона $j = 28^\circ$ (рис.2б).

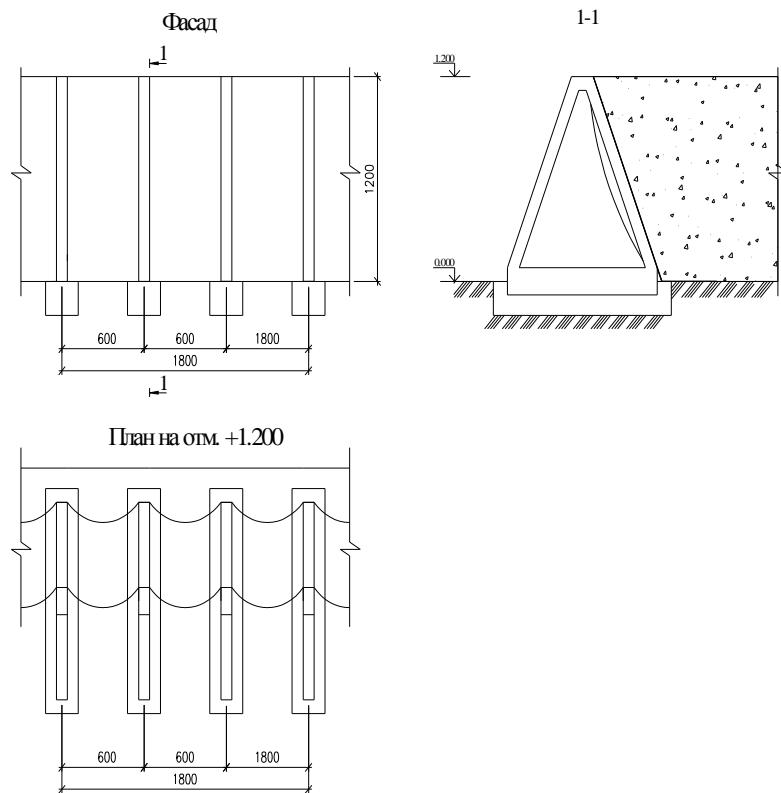
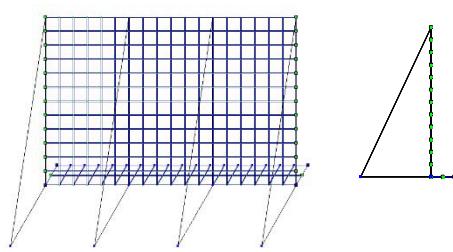


Рисунок 1 - Конструктивное решение подпорной стенки

Лицевая мембрана моделировалась плоскими конечными элементами КЭ 341, являющимися геометрически нелинейными элементами, что позволило прикладывать нагрузку по-этапно к уже деформированной схеме. Контрфорс моделировался стержневыми конечными элементами КЭ 10 принятого сечения. Из библиотеки КЭ был выбран элемент одноузловой КЭ 51 и назначен в узлы крепления анкеров и стенки со связью по оси X, моделируя влияние соседних секций мембраны.

а)



б)

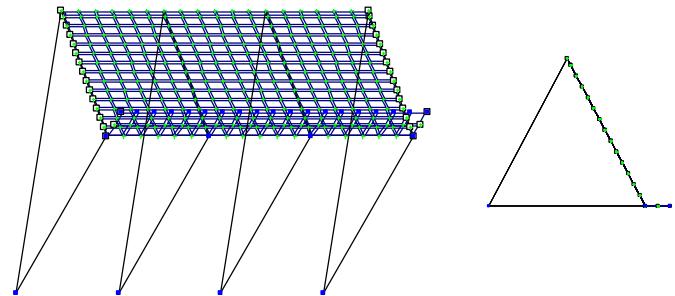
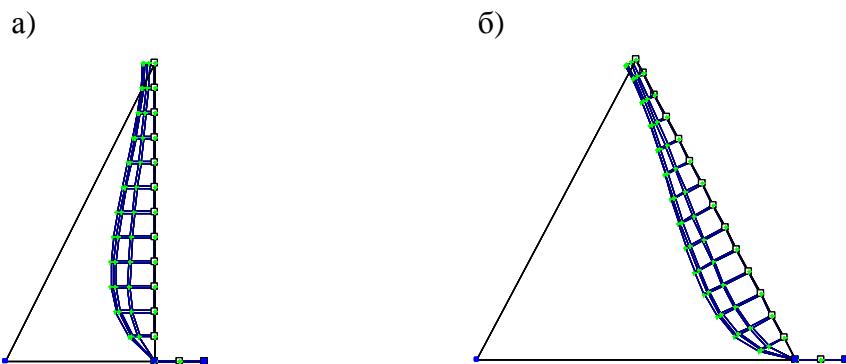


Рисунок 2 - Расчетные схемы подпорных стен

а - с вертикальным расположением лицевой мембраны;
б - с расположением лицевой мембраны под углом наклона $\phi = 28^\circ$

В ходе исследования анализировались деформации и характер распределения нормальных напряжений в лицевой мембране стенки в вертикальном и горизонтальном направлениях от активного давления грунта при различных углах наклона лицевой мембраны. На рис.3

представлены деформированные схемы для исследуемых моделей подпорных стен с вертикальным расположением лицевой мембранны (рис.3а) и с расположением лицевой мембранны под углом наклона $\varphi = 28^\circ$ (рис.3б).



*Рисунок 3 - Деформированные схемы подпорных стен
а - с вертикальным расположением лицевой мембранны; б - с расположением лицевой мембранны под углом наклона $\varphi = 28^\circ$*

Напряжения анализировались в центральной секции лицевой мембранны. На рис.4а представлены нормальные напряжения N_y в вертикальном направлении (вдоль местной оси Y плоских конечных элементов мембранны) у опоры лицевой мембранны. На рисунке 4б представлены нормальные напряжения N_y в вертикальном направлении центре лицевой мембранны. На рисунке 5 представлены нормальные напряжения N_x в горизонтальном направлении (вдоль местной оси X плоских конечных элементов мембранны) в характерных сечениях на расстоянии 0.05; 0.45; 0.85 и 1.150 м по высоте.

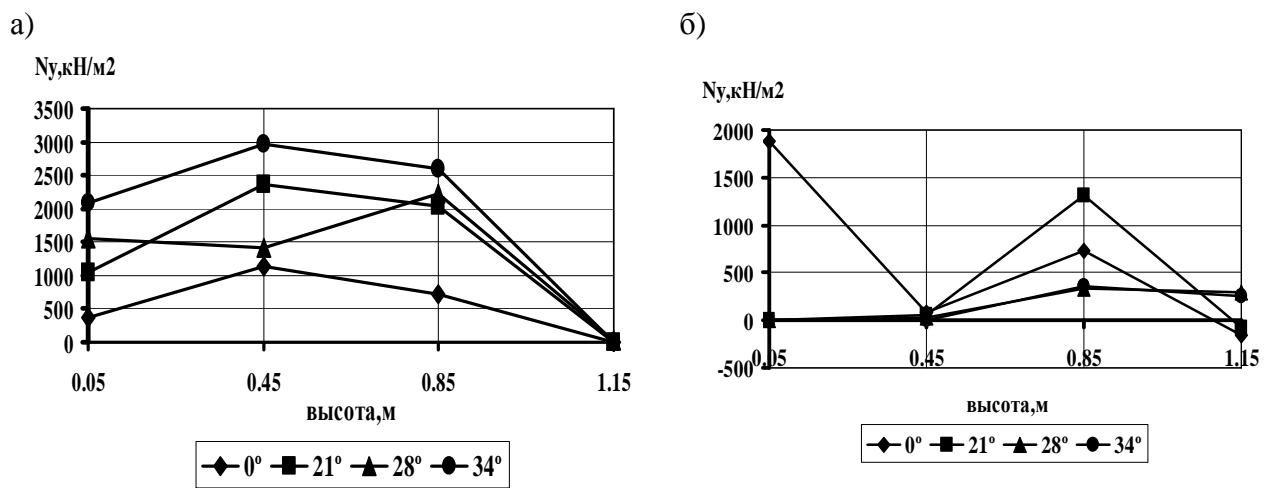


Рисунок 4 - Вертикальные нормальные напряжения в лицевой мемbrane при различных углах наклона: а - в сечении у опоры; б - в сечении по центру лицевой мембранны

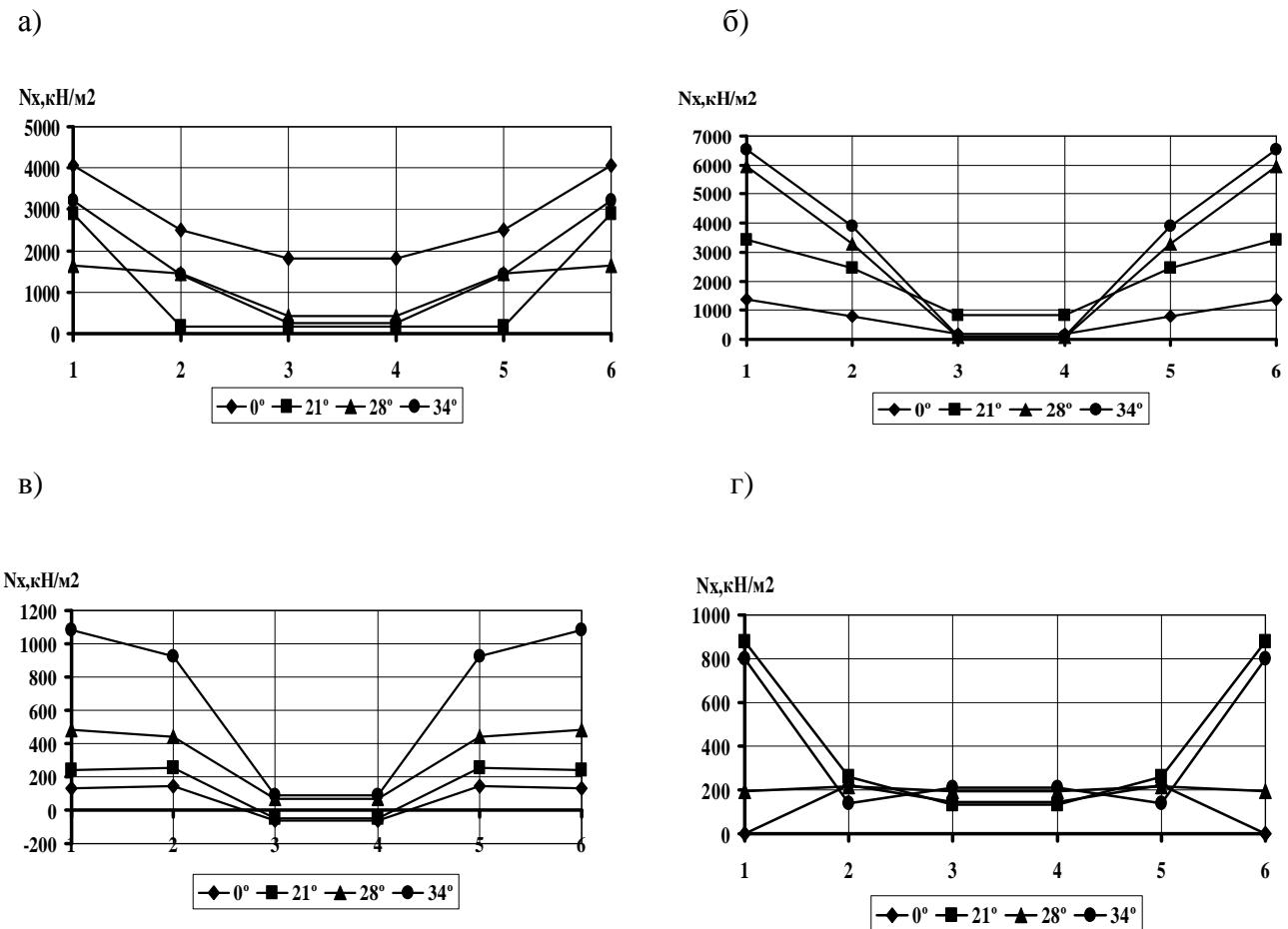


Рисунок 5 - Горизонтальные нормальные напряжения в лицевой мемbrane при различных углах наклона
а - в сечении на высоте 0.05м от основания; б - в сечении на высоте 0.45м от основания; в - в сечении на высоте 0.85м от основания; г - в сечении на высоте 1.150м от основания

В результате анализа напряженно-деформированного состояния можно сделать следующие **выводы**:

1. При вертикальном расположении лицевой мембраны ($j = 0^\circ$) максимальные напряжения в вертикальном направлении возникают в основании центральной части мембраны, максимальные напряжения в горизонтальном направлении возникают в основании центральной части мембраны в месте крепления к контрфорсам, в верхней части (сечения на высоте 1.150м от основания стенки) возникают незначительные сжимающие напряжения.
2. При различных углах наклона лицевой мембраны деформированная схема сохраняет каплевидную форму.
3. С увеличением угла наклона лицевой мембраны растягивающие напряжения в верхней части возрастают как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, а при угле наклона лицевой мембраны $j = 28^\circ$ не возникают нежелательные сжимающие напряжения.
4. В основании стенки с увеличением угла наклона лицевой мембраны растягивающие напряжения в мемbrane в вертикальном и горизонтальном направлениях снижаются, с незначительной концентрацией у опоры.
5. В центральной части мембраны, в сечениях на высоте 0.45м. и 0.85м. с увеличением угла наклона лицевой мембраны растягивающие напряжения в горизонтальном направлении возрастают в месте крепления мембраны к опорам, при угле наклона лицевой мембраны $j = 28^\circ$ напряжения распределяются более равномерно с минимальной концентрацией.

Таким образом, наиболее рациональным углом наклона лицевой мембраны является угол соответствующий углу внутреннего трения грунта засыпки (в нашем случае $j = 28^\circ$).

Дальнейшие исследования планируется проводить в направлении разработки конструктивных решений крепления лицевой мембраны к контрфорсам и в основании, уменьшающих концентрацию напряжений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаева, С.В. Обоснование методики расчета тонкостенных конструкций, взаимодействующих с грунтовой средой с учетом упруго-пластических свойств их материалов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01/ С.В. Бугаев. – ОГАСА, 1999. - 146с.
2. Джоунс, К.Д. Сооружения из армированного грунта [Текст] / К.Д. Джоунс; пер. с англ. В.С. Забавича; под ред. В.Г. Мельника. – М.: Стройиздат, 1989. – 280 с.
3. Корчевський, Б.Б. Горизонтально армовані основи під фундаменти будівель [Текст] : Монографія / Б. Б. Корчевський, М.Ф. Друківаний, С.В. Матвеев. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. - 120 с.
4. Боговис, В.Е. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования: учебное пособие [Текст] / В.Е. Боговис, Ю.Д. Гензерский, Ю.Д. Гераймович, А.Н. Куценко, Д.В. Марченко, Д.В. Медведко, Я.Е. Слободян, В.П. Титок. – К.: «Факт»,2008. – 208 с.
5. ЛИРА 9.4. Руководство пользователя. Основы: учебное пособие [Текст] / Е.Б. Стрелец-Стрелецкий, В.Е. Боговис, Ю.Д. Гензерский, Ю.Д. Гераймович, А.С. Городецкий, Д.В. Марченко, В.П. Титок; под ред. А.С. Городецкого. – К.: «Факт»,2008.- 164 с.
6. Морозов, В.В. Исследование напряженно-деформированного состояния лицевой мембраны мембранный подпорной стенки [Текст] / В.В. Морозов // Матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні наукові дослідження-2006”. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. - Т.45.
7. Морозов, В.В. Эффективные конструктивные решения мембранных подпорных стен [Текст] / В.В. Морозов // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішрекламсервіс , 2009. - Вип. 33.
8. Тетіор, О.Н. «Підпірна стінка» ЕО2Д 29/02. - Патент на винахід № 12805А от23.12.1993. / О.Н. Тетіор, В.В. Морозов
9. Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства; под ред. ЦНИИПромзданий Госстроя СССР [Текст]. - М.: Стройиздат, 1984. - 117 с.
10. Тетіор, А.Н. Матеріало и природосберегающие конструкции зданий и сооружений для Крыма [Текст] / А.Н. Тетіор, А.А. Рубель, А.Н. Лехно. - Киев: УМКВО, 1989. – 200 с.

Морозов Виталий Викторович

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь

Старший преподаватель кафедры строительных конструкций

E-mail: vitmorozoff@ukr.net

Морозова Елена Викторовна

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь

Старший преподаватель кафедры строительных конструкций

E-mail: elmorozoff@ukr.net

V. MOROZOV, E. MOROZOVA

STRESS-STRAIN STATE OF FRONTAL MEMBRANES OF RETAINING WALLS WITH DIFFERENT SLOPE ANGLES

One of perspective directions of perfection of constructions in area of retaining walls is application of membrane retaining walls. The author has offered several constructive solutions of membrane retaining walls. The results of numeral experiment on the study of change of the tense-deformed state depending on the slope of obverse membrane are also presented. It was found that the most efficient angle of the frontal membrane of retaining wall is the angle of internal friction of ground. Directions of further researches have been determined.

Keywords: retaining wall, obverse membrane, superstructure, slope

BIBLIOGRAPHY

1. Bugayeva, S.V. Obosnovaniye metodiki rascheta tonkostennykh konstruktsiy, vzaimodeystvuyushchikh s gruntovoy sredoy s uchetom uprugo-plasticheskikh svoystv ikh materialov [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.01/ S.V. Bugayev. – OGASA, 1999. – 146s.
2. Dzhouns, K.D. Sooruzheniya iz armirovannogo grunta [Tekst] / K.D. Dzhouns; per. s angl. V.S. Zabavicha; pod red. V.G. Mel'nika. – M.: Stroyizdat, 1989. – 280 s.
3. Korchev'skiy, B.B. Gorizontal'noe armovaniye osnovi pid fundamenti budivele' [Tekst] : Monografiya / B. B. Korchev'skiy, M.F. Drukovaniy, S.V. Matveyev. – Vinnitsya : UNÍVERSUM-Vinnitsya, 2004. - 120 s.
4. Bogovis, V.Ye. LIRA 9.4. Primery rascheta i proyektirovaniya: uchebnoye posobiye [Tekst] / V.Ye. Bogovis, YU.D. Genzerskiy, YU.D. Geraymovich, A.N. Kutsenko, D.V. Marchenko, D.V. Medvedko, YA.Ye. Slobodyan, V.P. Titok. – K.: «Fakt», 2008. – 208 s.
5. LIRA 9.4. Rukovodstvo pol'zovatelya. Osnovy: uchebnoye posobiye [Tekst] / Ye.B. Strelets-Streletskiy, V.Ye. Bogovis, YU.D. Genzerskiy, YU.D. Geraymovich, A.S. Gorodetskiy, D.V. Marchenko, V.P. Titok; pod red. A.S. Go-rodetskogo. – K.: «Fakt», 2008.- 164 s.
6. Morozov, V.V. Issledovaniye napryazhennno-deformirovannogo sostoyaniya litsevoy membrany membranoy podpornoy stenki [Tekst] / V.V. Morozov // Materiali II Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferentsii "Su-chasni naukovi doslidzhennya-2006". – Dniproproetrovs'k: Nauka i osvita, 2006. - T.45.
7. Morozov, V.V. Effektivnyye konstruktivnyye resheniya membrannykh podpornykh sten [Tekst] / V.V. Morozov // Visnik Odes'koi derzhavnoi akademii budivnictva ta arkhitekturi. – Odesa: Zovnishreklamservis, 2009. - Vip. 33.
8. Tetior, O.N. «Pidporna stinka» YEO2D 29/02. - Patent na vinakhid № 12805A ot 23.12.1993. / O.N. Tetior, V.V. Morozov
9. Rukovodstvo po proyektirovaniyu podpornykh sten i sten podvalov dlya promyshlennogo i grazhdansko-go stroitel'stva; pod red. TSNIIPromzdaniy Gosstroya SSSR [Tekst]. - M.: Stroyizdat, 1984. - 117 s.
10. Tetior, A.N. Materialo i prirodosberegayushchiye konstruktsii zdaniy i sooruzheniy dlya Kryma [Tekst] / A.N. Tetior, A.A. Rubel', A.N. Lekhno. - Kiyev: UMKVO, 1989. – 200 s.

V. Morozov

Vernadsky Crimean federal university, Simferopol
Senior lecturer of the department of building constructions
E-mail: vitmorozoff@ukr.net

E. Morozova

Vernadsky Crimean federal university, Simferopol
Senior lecturer of the department of building constructions
E-mail: elmorozoff@ukr.net

ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

На основе принятой реологической модели деформирования древесины с вязкой составляющей Кельвина-Фойгта построено определяющее уравнение длительной прочности и предельное значение критической силы для сжатого стержня, позволяющие относительно просто оценивать ресурс сопротивления таких элементов при различных воздействиях. Качественная оценка полученных аналитических зависимостей выполнена применительно к расчету устойчивости испытанных в лаборатории ЮЗГУ опытных образцов. Получено удовлетворительно совпадение теоретических значений критической силы с данными испытаний опытных образцов.

Ключевые слова: стержень из древесины, длительная прочность, устойчивость, физическая модель

Введение. В настоящее время используются различные реологические модели для анализа длительной прочности и устойчивости конструкций из дерева при оценке их силового сопротивления [1-4]. Они отличаются точностью, количеством учитываемых различных факторов, уровнем эффективности при применении в практических целях и др. В то же время на сегодняшний день отсутствуют расчетные модели и данные экспериментальных исследований, позволяющие вести анализ деформирования конструкций из дерева при одновременном проявлении силового сопротивления и изменения свойств атмосферного воздействия. Не менее важным является создание расчетных моделей для анализа устойчивости конструктивных систем с учетом взаимного влияния элементов конструктивных систем [5].

Учитывая определенную сложность в решении такой задачи необходимо создание простейших реологических моделей изменения деформационных и прочностных параметров древесины во времени, позволяющие получить достаточно простые аналитические выражения для критериев длительной прочности конструктивных элементов из древесины.

Будем полагать, что относительный дефицит текущего значения исследуемого фактора неравновесного силового сопротивления дерева описывается некоторой функцией, которая инвариантна по отношению ко всем физико-механическим характеристикам этого материала: прочность R , модуль деформации E , ползучесть (1/с) и др.

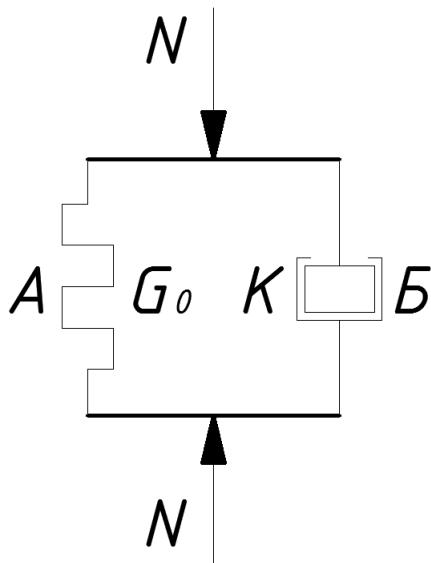
Определяющее уравнение. Для построения критерия прочности древесины используем реологическую модель деформирования материала, состоящую из двух последовательно соединенных элементов. Первый элемент (элемент А) соответствует упругой составляющей, а второй (элемент Б) – вязкой составляющей (модель Кельвина-Фойгта [6]).

В соответствии с этой моделью предельное значение главной линейной деформации древесины (или интенсивность деформации сдвига Γ_*) ε_{ult} :

$$\varepsilon_{ult} = \varepsilon_0 + \varepsilon_1, \quad (1)$$

где ε_0 – деформации соответствующие элементу А используемой физической модели деформирования, характеризующие процесс кратковременного («мгновенного») нагружения, ε_1 – деформации, соответствующие модели Кельвина-Фойгта, последовательно соединяемой с элементом А (рис. 1а).

а)



б)

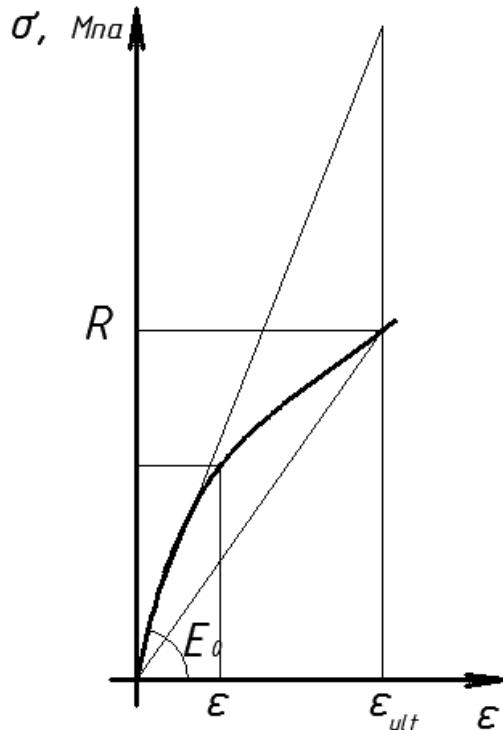


Рисунок 1 – Схема реологической модели Кельвина-Фойгта (а) и общая физическая модель деформирования древесины (б)

При использовании представленного критерия прочности древесины определяющее уравнение ее длительной прочности при $\sigma = \text{const}$ записывается в виде:

$$\varepsilon \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\sigma}{R}} \right) + \frac{\sigma}{E} \cdot (1 - \exp(-\omega \cdot t)) = \varepsilon_{ult}, \quad (2)$$

где первое слагаемое соответствует аппроксимации диаграммы работы древесины при кратковременном нагружении квадратной параболой. Уравнение (2) позволяет найти либо длительную прочность древесины σ при заданном критическом времени $t = t_{kp.}$, либо наоборот определить $t_{kp.}$ по заданному значению σ .

В том случае, если при активном нагружении напряжение возрастает по произвольному закону во времени $\sigma = \sigma(t)$ значение ε_1 в зависимости (1) определяется выражением:

$$\varepsilon_1 = K^{-1} \cdot e^{-\omega \cdot t} \cdot \sigma \int_0^t e^{\omega t} dt. \quad (3)$$

В (2) и (3) E_1 и K – соответственно линейный модуль деформаций и модуль вязкого сопротивления модели Кельвина-Фойгта; $\omega = E_1/K$. Используя приведенные аналитические зависимости, можно определить длительную прочность сжатого стержня из древесины. Для этого при $\sigma = \text{const}$ из уравнения (3) найдем значение ε_1 :

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma}{E_1} \cdot (1 - e^{-\omega t}). \quad (4)$$

Поскольку в рассматриваемой задаче речь идет о длительной прочности древесины, то вместо напряжений σ надо принять σ_{ult} , где σ_{ult} – длительная предельная прочность древесины.

При аппроксимации нелинейной зависимости мгновенной (кратковременной) деформации квадратной параболой напряжение σ определяется из выражения:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_{ult} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\sigma_{ult}}{R}}\right), \quad (5)$$

где предельное значение деформации $\varepsilon_{ult} = 2R/E_0$, E_0 – начальный модуль упругости древесины, соответствующий точке $\sigma = 0$ (рис. 1б). В расчетах принято уменьшенное значение модуля деформации древесины с учетом ее ползучести $E_1 = 0,75 \cdot E_0$. Это соотношение принято при формировании математической модели с учетом экспериментальных данных Е.А. Квасникова [6].

Значение ω может быть найдено из анализа экспериментальных данных Е.А. Квасникова, используя следующее соотношение:

$$\omega = \frac{E_0}{K} = \frac{n^*}{n} \cdot \left(\frac{t}{n}\right)^{n^*-1}, \quad (6)$$

где n – время релаксации; n^* - коэффициент, характеризующий нелинейность вязкого сопротивления. Значение n и n^* принимается по экспериментальным данным.

Количественный анализ. Для количественного анализа длительной прочности деревянного сжатого стержня преобразуем зависимость (4) следующим образом. Подставим в эту зависимость значение $t = \infty$ и значение $E_1 = 0,75 \cdot E_0$. Тогда обозначив $\varphi_{ult} = \sigma_{ult}/R$, для деформаций ε_1 получим:

$$\varepsilon_1 = \frac{\varphi_{ult} \cdot \varepsilon_{ult}}{1,5}. \quad (7)$$

Подставив (5) и (7) в выражение (1), получим квадратное уравнение относительно φ_{ult} , а затем определим σ_{ult} .

Оценку длительной устойчивости для центрально сжатого прямолинейного стержня из древесины выполним, используя формулу Эйлера в следующем виде [8]:

$$P_{kp} = \frac{v^2 \cdot E \cdot I}{l^2}, \quad (8)$$

где $v = \pi/\mu$ – коэффициент, учитывающий влияние продольной силы на изгиб, EI – соответственно изгибная жесткость и длина стержня.

Предельное значение линейного модуля E_1 древесины, при котором сжатый элемент не потеряет устойчивость можно найти, полагая в зависимости (2) значение $t = \infty$. Обозначив $\varepsilon_{ult} = 2R/E_0$ и $\varphi_{ult} = \sigma_{ult}/R$, заменив E_1 на $0,75 \cdot E_0$ и выразив значение R из этих соотношений можно записать:

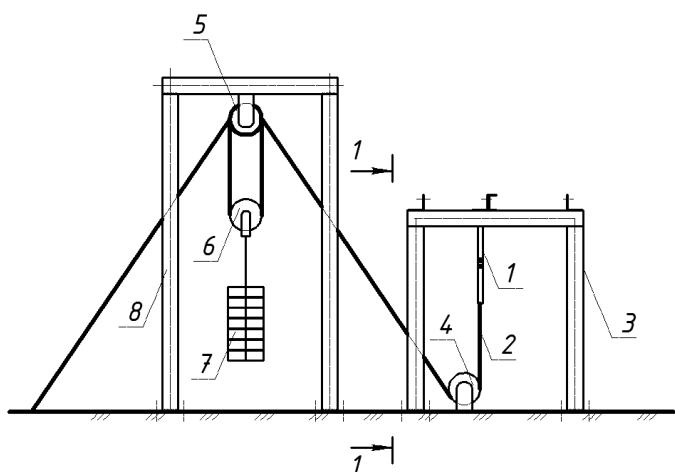
$$E_0 = \frac{2 \cdot \sigma_{ult}}{\varphi_{ult} \cdot \varepsilon_{ult}}. \quad (9)$$

Подставив выражение (9) в (8) с учетом зависимости (4), получим выражение для предельного значения критической силы:

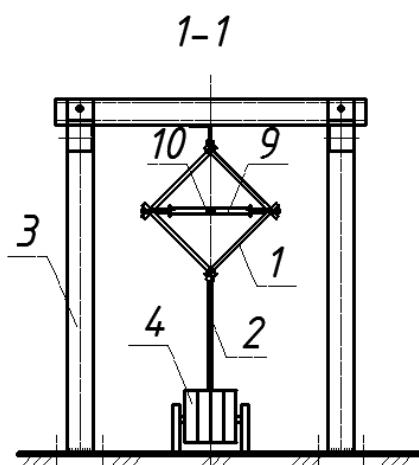
$$P_{kp} = \frac{v^2 \cdot 2 \cdot I}{l^2 \cdot \varphi_* \cdot \varepsilon_*} \cdot \frac{\sqrt{6 \cdot \left(1 - 0,913^{t^{0,38}}\right)^2 + 2,25} - 1,5}{2 \cdot \left(1 - 0,913^{t^{0,38}}\right)^2}. \quad (10)$$

Качественная и количественная оценка приведенных аналитических зависимостей выполнена применительно к расчету устойчивости опытных образцов, для которых в лаборатории кафедры ПГС Юго-Западного государственного университета были проведены экспериментальные исследования. Схема испытаний образца и общий вид опытной установки приведены на рисунке 2. Опытные образцы сечением 30x10 мм испытывались на центральное сжатие по специально разработанной методике, приоритет которой защищен патентом РФ на полезную модель № 142336.

а)



б)



в)



Рисунок 2 – Схема (а), (б) и общий вид установки (в) для оценки прочности и устойчивости центрально-сжатого стержня из древесины. 1 - рабочая шарнирно-стержневая система; 2 - канат; 3 - несущая рама шарнирно-стержневой системы; 4 - неподвижная обойма блока полистирола; 5 - неподвижная обойма блока полистирола; 6 - подвижная обойма блока полистирола; 7 - груз; 8 - несущая рама полистирола, 9 - исследуемый стержневой элемент из анизотропного материала; 10 - тензорезистор

На рисунке 3 для иллюстрации зависимости (4) приведен график зависимости t_{kp} от напряжений σ_{ult} . Результаты расчета изменения критической силы во времени представлены на рис. 4. Здесь же для сравнения показаны опытные кривые критической силы при различных значениях гибкости λ .

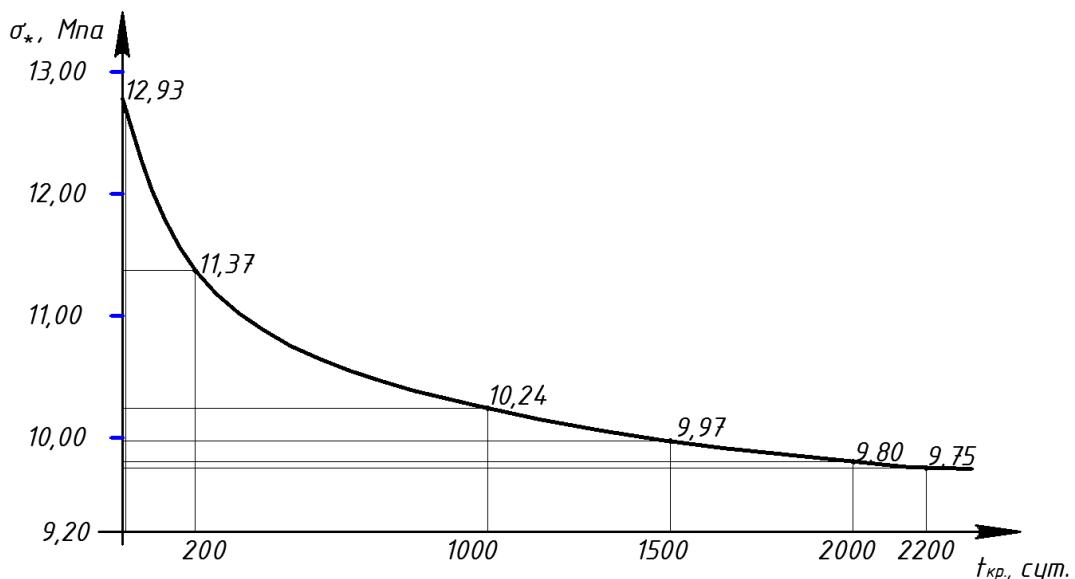


Рисунок 3 – График изменения предельных напряжений во времени

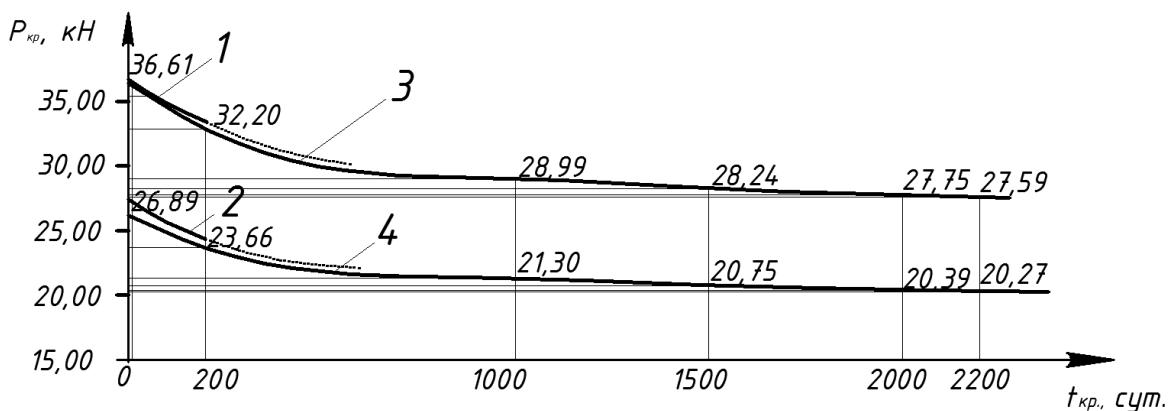


Рисунок 4 – График изменения критической силы центрально-сжатого стержня из древесины во времени:
1, 2 - экспериментальное P_{kp} при $\lambda=103.92$, $\lambda=121.34$ соответственно, кН; 3, 4 - теоретическое P_{kp} при
 $\lambda=103.92$, $\lambda=121.34$, $\lambda=120.00$ соответственно, кН

Вывод. Предложенный критерий оценки длительной прочности и устойчивости сжатых стержней из древесины позволяет относительно просто оценивать ресурс сопротивления таких элементов при различных воздействиях. Удовлетворительное совпадение теоретических значений критической силы с данными испытаний центрально сжатого стержня подтверждают достоверность использованной в расчете реологической модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Пятикрестовский, К.П. К вопросу о выборе модулей упругости при расчете деревянных конструкций на прочность, устойчивость и по деформациям [Текст] / К.П. Пятикрестовский // Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. - №6. – С. 73-77.
- Колчунов, В.И. Живучесть зданий и сооружения при запроектных воздействиях: Научное издание [Текст] / В.И. Колчунов, Н.Б. Андросова, Н.В. Клюева, А.С. Бухтиярова. - М.: Издательство АСВ, 2014. – 208 с.

3. Колчунов, В.И. Особенности расчета деревянных конструкций на прочность по деформациям [Текст] / В.И. Колчунов, К.П. Пятитреховский // Строительство и реконструкция. – 2013. - №2. С. 25-34.
4. Санжаровский, Р.С. Устойчивость сжатых деревянных конструкций с учетом мгновенной нелинейности и нелинейной ползучести [Текст] / Р.С. Санжаровский, А.С. Вареник, К.А. Вареник // Научное обозрение. – 2014. - №8(2). С.572-575.
5. Александров, А. В. О расчете стержневых конструкций на устойчивость [Текст] / А.В. Александров, В.И. Травуш, А.В. Матвеев // Промышленное и гражданское строительство, 2002. - №3. – С.16-20.
6. Гениев, Г.А. Вариант деформационной теории пластичности бетона [Текст] / Г.А. Гениев // Бетон и железобетон, 1969.- №2.- С. 18-20.
7. Квасников, Е.Н. Вопросы длительного сопротивления древесины и конструктивных материалов из дерева и слоистых пластиков. - Л., 1972. - 95 с.
8. Верюжский Ю.В., Справочное пособие по строительной механике. В двух томах. Том I: Учебное пособие [Текст] / Ю.В. Верюжский, А.Б. Голышев, В.И. Колчунов, Н.В. Клюева, Б.М. Лисицын, И.Л. Машков, И.А. Яковенко. - М.: Издательство АСВ, 2014. – 640 с.

Травуш Владимир Ильич

Российская академия архитектуры и строительных наук, г. Москва

Академик РААСН, доктор технических наук, профессор

E-mail: travush@mail.ru

Колчунов Виталий Иванович

Юго-Западный государственный университет, г. Курск

Академик РААСН, доктор технических наук, зав. кафедрой «Уникальные здания и сооружения»

E-mail: asiorel@mail.ru

Дмитриева Ксения Олеговна

Юго-Западный государственный университет, г. Курск

Преподаватель каф. «Уникальные здания и сооружения»

E-mail: dko1988@yandex.ru

V. TRAVUSH, V. KOLCHUNOV, K. DMITRIEVA

LONG-TERM STRENGTH AND STABILITY OF COMPRESSED WOOD RODS

On the basis of rheological model adopted by the deformation of wood with a viscous component of the Kelvin-Voigt constitutive equation built long-term strength and limit critical forces for compressed rod, makes it relatively easy to estimate the resource resistance of such elements at various influences. Quantitative evaluation of the analytical relationships made with regard to the calculation of the stability tested in the laboratory SWSU prototypes. A satisfactory agreement between the theoretical values of critical load data test prototypes.

Keywords: rod of wood, long-term strength, stability, physical model

BIBLIOGRAPHY

1. Pyatikrestovskiy, K.P. K voprosu o vybore moduley uprugosti pri raschete derevyannykh konstruktsiy na prochnost', ustoychivost' i po deformatsiyam [Tekst] / K.P. Pyatikrestovskiy // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy. – 2012. - №6. – S. 73-77.
2. Kolchunov, V.I. Zhivuchest' zdaniy i sooruzheniya pri zaproyektivkakh vozdeystviyakh: Nauchnoye izdaniye [Tekst] / V.I. Kolchunov, N.B. Androsova, N.V. Klyuyeva, A.S. Bukhtiyarova. - M.: Izdatel'stvo ACB, 2014. – 208 s.
3. Kolchunov, V.I. Osobennosti rascheta derevyannykh konstruktsiy na prochnost' po deformatsiyam [Tekst] / V.I. Kolchunov, K.P. Pyatikrestovskiy // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2013. - №2. S. 25-34.
4. Sanzharovskiy, R.S. Ustoychivost' szhatykh derevyannykh konstruktsiy s uchetom mgnovennoy nelineynosti i nelineynoy polzuchesti [Tekst] / R.S. Sanzharovskiy, A.S. Varenik, K.A. Varenik // Nauchnoye obozreniye. – 2014. - №8(2). S.572-575.

5. Aleksandrov, A. V. O raschete sterzhnevykh konstruktsiy na ustoychivost' [Tekst] / A.V. Aleksandrov, V.I. Travush, A.V. Matveyev // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo, 2002. - №3. – S.16-20.
6. Geniyev, G.A. Variant deformatsionnoy teorii plastichnosti betona [Tekst]/ G.A. Geniyev // Beton i zhelezobeton, 1969.- №2.- S. 18-20.
7. Kvasnikov, Ye.N. Voprosy dlitel'nogo soprotivleniya drevesiny i konstruktivnykh materialov iz dereva i sloistykh plastikov. - L., 1972. - 95 s.
8. Veryuzhskiy YU.V., Spravochnoye posobiye po stroitel'noy mekhanike. V dvukh tomakh. Tom I: Uchebnoye posobiye [Tekst] / YU.V. Veryuzhskiy, A.B. Golyshov, V.I. Kolchunov, N.V. Klyuyeva, B.M. Lisitsyn, I.L. Mashkov, I.A. Yakovenko. - M.: Izdatel'stvo ACB, 2014. – 640 s.

V. Travush

Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow

RAACS academician, doctor of technical sciences, professor

E-mail: travush@mail.ru

V. Kolchunov

South-West state university, Kursk

RAACS academician, doctor of technical sciences, professor,
head of the department “Unique buildings and facilities”

E-mail: asiorel@mail.ru

K. Dmitrieva

South-West state university, Kursk

Senior lecturer of the department “Unique buildings and facilities”

E-mail: dko1988@yandex.ru

МОДЕЛЬ ТЕРМОСИЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В работе приведен обзор существующих методов расчета огнестойкости. Проанализирована и выявлена необходимость использования современных моделей железобетона адаптированных для учета влияния высокотемпературного воздействия, а также нелинейных численных методов. Предложена модель термосилового сопротивления железобетонных элементов стержневых конструкций, основанная на модели «неоднородного поля напряжений» ("Disturbed Stress Field Model", DSFM) и термомеханических диаграммах состояния бетона и арматуры.

Ключевые слова: огнестойкость, железобетон, высокотемпературные воздействия, диаграммы термомеханического состояния бетона и арматуры, стержневые конструкции.

Постановка проблемы. Одна из важнейших задач обеспечения устойчивости зданий является разработка методов расчета несущих конструкций, позволяющих наиболее точно оценить их возможности сопротивляться различным воздействиям, в том числе силовым и тепловым в условиях пожара. Анализ возможных последствий поведения несущих систем в условиях пожара даст информацию для проектирования более стойких, экономически эффективных конструкций требуемой огнестойкости.

Анализ достижений и публикаций. С развитием теории расчета огнестойкости происходило внедрение методов оценки огнестойкости конструкций: метод критических температур, разработанный в 1966 году, метод приведенного сечения (1975) и метод критических деформаций (1987). Эти методы построены на задании схемы распределения напряжений в предельной стадии работы элемента.

Предложенный в 2006 году диаграммный метод решения статической задачи расчета огнестойкости железобетонных конструкций, основанный на применении деформационной модели нормальных сечений, [2] позволил уже с единых методологических позиций оценить прочность и деформативность конструкции на всех стадиях её работы при действии изгибающего момента и продольного усилия. В данной статье рассматривается задача развития теории и метода оценки огнестойкости железобетонных конструкций для зоны совместного действия поперечной силы и изгибающего момента.

Исследовательская часть. Построение модели базируется на обоснованном использовании следующих исходных предпосылок:

- распределение деформаций по сечению принимается в соответствии с гипотезой плоских сечений, арматура и бетон работают совместно;
- в качестве феноменологической основы выступают диаграммы термомеханического состояния (деформирования) материала, устанавливающие взаимосвязь между внешними воздействиями и внутренними факторами, характеризующими реакцию структуры рассматриваемого материала на эти воздействия;
- переход к касательным напряжениям и деформациям сдвига производится через соответствующие круги Мора, что позволяет избежать использование диаграмм «касательные напряжения – деформации сдвига», получение которых довольно затруднительно;

Диаграмма термомеханического состояния бетона. Снижение прочности и начального модуля деформаций бетона при нагреве учитывается коэффициентами $g_{c,ti}$ и $b_{c,ti}$, температурные зависимости которых имеют вид:

$$g_{c,ti} = \exp \left(- \frac{a \times \frac{t_{c,i} - t_0}{1000}^m}{b} \right);$$

$$b_{c,ti} = \exp \left(- \frac{a \times \frac{t_{c,i} - t_0}{1000}^n}{b} \right),$$

где $t_{c,i}$ – температура нагрева бетона; t_0 – начальная температура ($t_0 = 20^\circ\text{C}$); a, b, m, n – опытные параметры; 1000 – размерный коэффициент.

Температурные деформации бетона описываются выражением:

$$e_{c,ti}^{(r)} = e_a \times 1 - \exp \left(- \frac{a \times \frac{t_{c,i} - t_0}{1000}^p}{b} \right), \quad (1)$$

где e_a – некоторое предельное значение температурных деформаций, к которому они асимптотически приближаются; a, p – опытные параметры.

Прочность $s_{cu,ti}$ и начальный модуль деформаций $E_{c,ti}$ для данной температуры нагрева бетона:

$$s_{cu,ti} = s_{cu,0} \times g_{c,ti};$$

$$E_{c,ti} = E_{c,0} \times b_{c,ti},$$

где $s_{cu,0}$ и $E_{c,0}$ – соответственно прочность при сжатии и начальный модуль деформаций бетона до нагрева.

Предельная сжимаемость $e_{cu,ti}$ и предельный коэффициент секущего модуля деформаций бетона $n_{cu,ti}$ определяются на основе гипотезы о независимости предельных структурных напряжений в бетоне от температуры нагрева:

$$e_{cu,ti} = e_{cu,0} / b_{c,ti};$$

$$n_{cu,ti} = n_{cu,0} \times g_{c,ti},$$

где $e_{cu,0}$ и $n_{cu,0}$ – соответственно предельные деформации и предельный коэффициент секущего модуля бетона до нагрева.

Для вычисления коэффициента секущего модуля вначале определяется уровень деформаций бетона $h_{e,ti}$, равный отношению фактических силовых деформаций $e_{c,ti}$ к их предельной величине при данной температуре нагрева $e_{cu,ti}$:

$$h_{e,ti} = \frac{e_{c,ti}}{e_{cu,ti}}.$$

Если уровень деформаций бетона не превышает максимально допустимого значения $h_e^{(\max)}$, то коэффициент секущего модуля

$$n_{c,ti} = \exp \left[- k_{c,ti} \times \left(h_{e,ti} \right)^{1/k_{c,ti}} \right].$$

Если $h_{e,ti} \geq h_e^{(\max)}$, то $n_{c,ti} = 0$ (разрушение).

Максимальный уровень деформаций $h_e^{(\max)}$ устанавливается в зависимости от вида напряжённого состояния: при однородном напряжённом состоянии $h_e^{(\max)} = 1,0$; при неоднородном напряжённом состоянии (изгиб, внецентренное сжатие) принят условный уровень $h_e^{(\max)} = 1,2$.

Уравнение связи напряжений $s_{c,ti}$ и деформаций $e_{c,ti}$ бетона при нагреве записывается в форме нелинейного закона Гука с применением секущих модулей $E_{c,ti} n_{c,ti}$:

$$s_{c,ti} = e_{c,ti} \times E_{c,ti} \times n_{c,ti}.$$

Для описания диаграммы термомеханического состояния бетона при сжатии используется 7 опытных параметров (табл. 1), а также 3 характеристики прочностных и деформативных свойств бетона при нормальных условиях ($s_{cu,0} = R_{bn}, E_{c,0}, n_{cu,0}$). В случае растяжения температурная зависимость прочности бетона принимается такой же, как и при сжатии, а исходные характеристики $s_{cu,0}$ и $e_{cu,0}$ заменяются на $s_{ctu,0}$ и $e_{ctu,0}$.

Таблица 1 – Характеристики изменения свойств бетона при нагреве

Опытные параметры	Вид бетона		
	тяжёлый на гранитном заполнителе	тяжёлый на известняковом заполнителе	керамзитобетон
Характеристики снижения прочности	<i>m</i>	4,0	6,0
	<i>g</i>	2,6	6,0
Характеристики снижения начального модуля деформаций	<i>n</i>	0,6	1,0
	<i>b</i>	3,0	3,7
Характеристики температурных деформаций	<i>p</i>	2,5	3,0
	<i>a</i>	4,4	3,6
	<i>e_a</i> , %	2,3	2,2
			1,3

Построенные на основе описанных выше зависимостей диаграммы деформирования тяжёлого бетона класса В20 на гранитном заполнителе при различных температурах нагрева приведены авторами в более ранних работах [2].

Данные диаграммы описывают связи между напряжениями и деформациями бетона с учетом температуры нагрева в форме закона Гука, а зависимость коэффициента упругости от уровня деформаций получаются из решения кинематического уравнения накопления повреждений в структуре бетона. Также стоит отметить, что описанный метод трансформации диаграмм состояния бетона от нормального к термомеханическому [2] является универсальным, следовательно, применим к любым диаграммам состояния бетона при нормальной температуре (20° С).

Диаграмма термомеханического состояния арматуры. Изотермические диаграммы деформирования арматуры при нагреве представлены в виде трёх участков: первый участок соответствует линейно-упругому деформированию, второй – нелинейной работе в условиях структурно-неустойчивого состояния, третий (горизонтальный) – стадии текучести. При сжатии и растяжении характеристики диаграмм принимаются одинаковыми. Модуль упругости арматуры E_s считается не зависящим от температуры нагрева.

Снижение предела текучести и предела упругости арматуры при нагреве учитывается коэффициентами $g_{su,tj}$ и $g_{se,tj}$, температурные зависимости которых имеют вид:

$$g_{su,tj} = \exp \left(-w_u \times \frac{t_{s,j} - t_0}{1000} \right);$$

$$g_{se,tj} = \exp \left(-w_e \times \frac{t_{s,j} - t_0}{1000} \right),$$

где $t_{s,j}$ – температура нагрева арматуры; w_u , w_e , c , d – опытные параметры; 1000 – размерный коэффициент.

Напряжения предела текучести $s_{su,tj}$ и предела упругости $s_{se,tj}$ арматуры для данной температуры нагрева:

$$\mathbf{s}_{su,tj} = \mathbf{s}_{su,0} \times \mathbf{g}_{su,tj};$$

$$\mathbf{s}_{se,tj} = \mathbf{s}_{se,0} \times \mathbf{g}_{se,tj},$$

где $\mathbf{s}_{su,0}$, $\mathbf{s}_{se,0}$ – предел текучести и предел упругости арматуры до нагрева.

Деформации, соответствующие напряжениям предела упругости:

$$\mathbf{e}_{se,tj} = \mathbf{s}_{se,tj} / E_s.$$

Деформации, соответствующие началу стадии текучести арматуры, принимаются не зависящими от температуры нагрева (например, для арматуры класса А400 $\mathbf{e}_{su,t} = 1,25\%$).

Предельный локальный коэффициент секущего модуля на нелинейном участке диаграммы:

$$n_{Ds,tj} = \frac{\mathbf{s}_{su,tj} - \mathbf{s}_{se,tj}}{E_s \times (\mathbf{e}_{su,t} - \mathbf{e}_{se,tj})}.$$

Параметр нелинейности деформирования:

$$k_{Ds,tj} = -\ln(n_{Ds,tj}).$$

Температурные деформации арматуры определяются при помощи коэффициента температурного расширения $\alpha_{s,t}$, который с незначительной погрешностью может быть принят не зависящим от температуры:

$$\mathbf{e}_{s,tj}^{(t)} = \mathbf{a}_{s,t} \times (t_{s,j} - t_0).$$

Уравнение связи напряжений и деформаций арматуры при нагреве записывается в форме нелинейного закона Гука с применением секущего модуля деформаций $E_s n_{s,tj}$:

$$\mathbf{s}_{s,tj} = \mathbf{e}_{s,tj} \times E_s \times n_{s,tj}.$$

Выражение для коэффициента $n_{s,tj}$ устанавливается различным на каждом из трёх участков изотермической диаграммы.

В стадии нелинейной работы ($\mathbf{e}_{se,tj} < \mathbf{e}_{s,tj} < \mathbf{e}_{su,t}$) для вычисления коэффициента секущего модуля $n_{s,tj}$ вначале определяется уровень приращения деформаций арматуры по отношению к деформациям предела упругости:

$$h_{De,tj} = \frac{\mathbf{e}_{s,tj} - \mathbf{e}_{se,tj}}{\mathbf{e}_{su,t} - \mathbf{e}_{se,tj}}.$$

Локальный коэффициент секущего модуля на нелинейном участке определяется по выражению:

$$n_{Ds,tj} = \exp[-k_{Ds,tj} \times (h_{De,tj})^{1/k_{Ds,tj}}].$$

Выражение для общего коэффициента секущего модуля, реализующее переход от локальной системы координат нелинейного участка в общую систему координат диаграммы, имеет вид:

$$n_{s,tj} = \frac{\mathbf{e}_{se,tj}}{\mathbf{e}_{s,tj}} \times (1 - n_{Ds,tj}) + n_{Ds,tj}.$$

Разработанная методика аналитического описания диаграмм термомеханического состояния арматуры позволяет единообразно описывать связь напряжений и деформаций арматуры любых классов как при нагреве, так и при нормальной температуре.

Термомеханическое состояние арматуры характеризуют 6 опытных параметров и 3 характеристики прочностных и деформативных свойств при нормальной температуре. Для арматуры класса А400 (А-III) эти данные показаны в табл. 2, а построенные на основе предложенных зависимостей диаграммы были приведены в более ранних работах [2].

Таблица 2 – Основные характеристики диаграммы термомеханического состояния арматуры класса A400 (A-III)

Началь-ные характеристики	Предел текучести	$s_{su,0} = R_{s,n}$, МПа	390
	Отношение предела упругости к пределу текучести	$s_{se,0}/s_{su,0}$	0,975
	Модуль упругости	E_s , МПа	200 000
Темпера-турные параметры	Характеристики изменения предела текучести	c	5
		w_u	13,25
	Характеристики изменения предела упругости	d	3
		w_e	12,42
	Деформации начала стадии текучести	$e_{su,t}$, %	1,25
	Коэффициент температурного расширения	$a_{s,t}$, $1/^\circ\text{C}$	15×10^{-6}
	Коэффициент температурного расширения	$a_{s,t}$, $1/^\circ\text{C}$	15×10^{-6}

Математические модели термомеханического состояния бетона и арматуры отвечают требованиям непрерывности и дифференцируемости, благодаря чему не создают трудностей при трансформации диаграмм с изменением температуры в пределах сечения железобетонного элемента.

Формулировка модели термосилового сопротивления железобетонных элементов стержневых конструкций. Численное моделирование элементов железобетонных стержневых систем подразумевает деление по длине на некоторое количество элементов, в пределах каждого из которых принимаются постоянными факторы силового и температурного воздействия, то есть внутренние усилия и условия обогрева наружной поверхности конструкции.

Поперечное сечение каждого элемента конструкции разбивается на некоторое число элементарных участков (компонентов сечения) – слоев (рис. 1), в пределах которых все характеристики в рассматриваемый момент времени нагрева – температура, напряжения, деформации постоянны (по значению в центре тяжести). Количество и размеры слоев определяется особенностями напряженно-деформированного состояния, схемой нагрева и градиентом температур. Продольная арматура принимается «размазанной» по сечению.

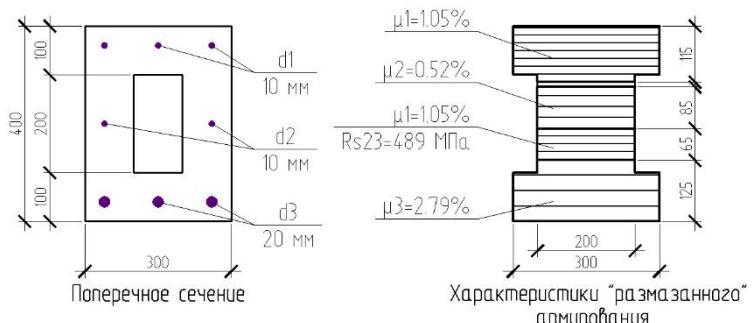


Рисунок 1 – Разбиение поперечного сечения на слои и определение «размазанных» коэффициентов продольного армирования для каждого слоя бетона

Слои сечения моделируются ортотропным материалом с трещинами произвольного направления (рис. 2). Направление трещин определяется углом θ , перпендикулярным главным растягивающим напряжениям. Стоит отметить, что угол наклона трещины не остается постоянным и меняется по мере нагружения и появления новых трещин.

Согласно предложениям и подходам [3,4] во всех точках сечения будут оцениваться:

- средние напряжения и деформации в области между трещинами; местные напряжения и деформации в бетоне и арматуре у трещины;
- ширина раскрытия и угол наклона трещин и среднее расстояние между ними;
- допускается несовпадение направлений главных напряжений и деформаций в элементе и учитывается сдвиг бетона по трещине;
- предполагается, что средние главные растягивающие напряжение присутствуют даже после трещинообразования.

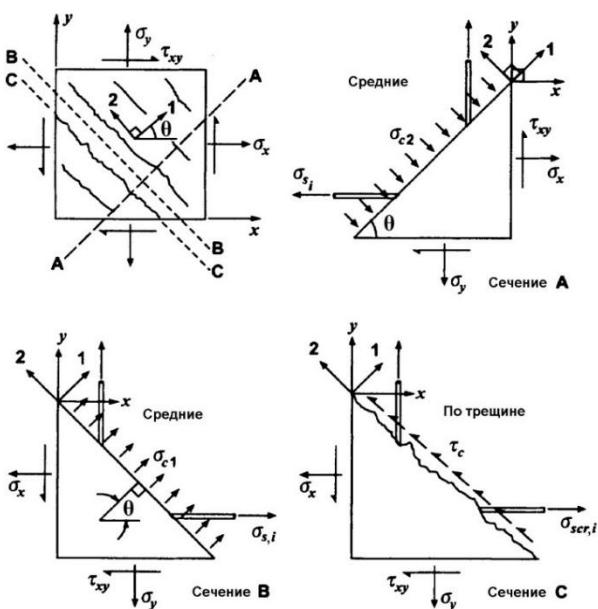


Рисунок 2 – Средние усилия в слое и усилия в трещине

$$f_{c1} = \mu_x (f_{scr} - f_{sx}) \cos \theta_{nx}^2 + \mu_y (f_{scry} - f_{sy}) \cos \theta_{ny}^2;$$

$$\nu_{ci} = \mu_x (f_{scr} - f_{sx}) \cos \theta_{nx} \sin \theta_{nx} + \mu_y (f_{scry} - f_{sy}) \cos \theta_{ny} \sin \theta_{ny};$$

$$\theta_{ni} = \theta - \alpha_i,$$

где f_{c1} – среднее главное сжимающее напряжение; ν_{ci} – среднее главное касательное напряжение; f_{scr} и f_{scry} – напряжения в арматуре, пересекающей трещину (определяются по диаграмма состояния); θ_{ni} – угол между наклоном трещины и наклоном арматуры; θ – угол наклона трещины (или главных растягивающих напряжений).

Для учета отставания направления главных напряжений от главных деформаций, в данной модели полные деформации слоя ε_x , ε_y и γ_{xy} определяются, как сумма деформаций в бетоне ε_{cx} , ε_{cy} и γ_{cxy} и деформаций в трещине ε_x^s , ε_y^s и γ_{xy}^s :

$$\varepsilon_x = \varepsilon_{cx} + \varepsilon_x^s;$$

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{cy} + \varepsilon_y^s;$$

$$\gamma_{xy} = \gamma_{cxy} + \gamma_{xy}^s.$$

Для деформаций ортогональной арматуры уравнения совместности имеют вид:

$$\varepsilon_{sx} = \varepsilon_x$$

$$\varepsilon_{sy} = \varepsilon_y$$

где ε_x и ε_y – общие деформации элемента, а ε_{sx} и ε_{sy} – полные деформации арматуры в элементе.

Условия равновесия слоя обеспечивается равенством нормальных напряжений σ_x , σ_y и τ_{xy} и главных средних напряжений в бетоне f_{cx} , f_{cy} и ν_{cxy} и арматуре f_{sx} и f_{sy} (исходя из предположения, что арматура расположена ортогонально). Для получения главных средних напряжений можно использовать любые диаграммы состояния материалов, включая термомеханические. Данные уравнения равновесия могут быть записаны следующим образом:

$$\sigma_x = f_{cx} + \mu_{sx} f_{sx};$$

$$\sigma_y = f_{cy} + \mu_{sy} f_{sy};$$

$$\tau_{xy} = \nu_{cxy},$$

где μ_{sx} и μ_{sy} коэффициенты продельного и поперечного армирования.

Усилия в трещине изображены на сечение С рис. 2 (модель так же может учитывать касательные напряжения продольной арматуры), а уравнения, описывающие состояние равновесия в этом сечении имеют следующий вид:

$$\sigma_x = f_{cx} + \mu_{sx} f_{sx};$$

$$\sigma_y = f_{cy} + \mu_{sy} f_{sy};$$

$$\tau_{xy} = \nu_{cxy},$$

Пользуясь кругом Мора для деформаций [3] можно перейти к главным растягивающим ε_{c1} и сжимающим ε_{c2} деформациям, через главные средние деформации в бетоне (для определения направления главных деформаций используются полные деформации слоя):

$$\begin{aligned}\varepsilon_{c1} &= \frac{\varepsilon_{cx} + \varepsilon_{cy}}{2} + 0.5\sqrt{(\varepsilon_{cx} + \varepsilon_{cy})^2 + \gamma_{cxy}^2}; \\ \varepsilon_{c2} &= \frac{\varepsilon_{cx} + \varepsilon_{cy}}{2} - 0.5\sqrt{(\varepsilon_{cx} + \varepsilon_{cy})^2 + \gamma_{cxy}^2}; \\ \theta_\sigma &= \theta = 0.5 \tan^{-1}(\gamma_{cxy}/\varepsilon_{cx} - \varepsilon_{xy}); \\ \theta_\varepsilon &= 0.5 \tan^{-1}(\gamma_{xy}/\varepsilon_x - \varepsilon_y),\end{aligned}$$

где θ_σ и θ_ε – углы наклона главных напряжений и деформаций, соответственно.

Поскольку модель в явном виде учитывает напряжено-деформированное состояние в трещине, для вычисления касательных напряжений необходимо знать напряжения в продольной и поперечной арматуре, пересекающей трещину. Для этого вычисляются продольные ε_{xcr_i} и поперечные деформации ε_{ycr_i} по следующим формулам:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{xcr_i} &= \varepsilon_{sx_i} + \Delta\varepsilon_{1cr}(\cos\theta_{n_i})^2 \\ \varepsilon_{ycr_i} &= \varepsilon_{sy_i} + \Delta\varepsilon_{1cr}(\sin\theta_{n_i})^2\end{aligned}$$

где $\Delta\varepsilon_{1cr}$ – приращение деформаций.

Компоненты вектора деформаций в трещине $[\varepsilon^s] = \{\varepsilon_x^s, \varepsilon_y^s, \gamma_{xy}^s\}$ вычисляются исходя из предположения отставания не совпадения направлений главных напряжений и деформаций:

$$\gamma_s^a = \delta_s^a/l_{cr}, \quad (2)$$

$$\gamma_s^b = \gamma_{xy} \cos 2\theta_\sigma + (\varepsilon_y - \varepsilon_x) \sin 2\theta_\sigma \quad (3)$$

$$\delta_s^a = v_{ci}/[1.8w^{-0.8} + (0.234w^{-0.707} - 0.2)R_{cc}]$$

$$w = \varepsilon_{c1}l_{cr}$$

$$l_{cr} = 1/\left[\left(\sin\theta/l_x\right) + \left(\sin\theta/l_y\right)\right]$$

где l_{cr} – среднее расстояние между трещинами; δ_s^a – средние сдвиговые деформации; w – ширина раскрытия трещины; l_x и l_y – средние расстояния между продольной и поперечной арматурой, соответственно. Необходимо отметить, что слабость данного подхода, помимо целиком эмпирической сущности, состоит в том, что на поздних стадиях нагружения рассматриваемое отставание направления напряжений начинает возрастать. Тем не менее, сочетание обоих указанных подходов нахождения деформаций в трещине (2) – (3) в виде $\gamma_s = \max(\gamma_s^a, \gamma_s^b)$ позволяет избежать недостатков каждого по отдельности и соответствует наблюдениям [4].

Используя сдвиговую деформацию в трещине и круг Мора для деформаций [3] получаем ортогональный вектор деформаций в трещине:

$$\varepsilon_x^s = -0.5\gamma_s \sin(2\theta);$$

$$\varepsilon_y^s = 0.5\gamma_s \sin(2\theta);$$

$$\gamma_{xy}^s = \gamma_s \cos(2\theta).$$

В общей форме полный вектор деформаций рассматриваемого бетонного элемента включает: мгновенные деформации бетона ε_c (деформации вызывающие напряжения), упругие дополнительные деформации бетона от температурного воздействия ε_c^t , получаемые по формуле (1) и деформации сдвига бетона по трещине ε_c^s . В итоге вектор деформаций принимает вид:

$$[\varepsilon] = [\varepsilon_c] + [\varepsilon_c^t] + [\varepsilon_c^s] = \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix}.$$

Так как контакт между арматурой и бетоном предполагается идеальным, то полные деформации в арматуре ($[\varepsilon]$) равны полным деформациям в бетоне ($[\varepsilon]$) и включают следующие компоненты: мгновенные деформации арматуры ε_s (деформации вызывающие напряжения) и упругие дополнительные деформации арматуры от температурного воздействия ε_s^0 , получаемые по формуле (1).

$$[\varepsilon] = [\varepsilon_s] + [\varepsilon_s^0] = \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix}.$$

Выводы. Модель является полуэмпирической, но ее формулировки относительно простые и интуитивно понятны, требует большого количества простых вычислений, что весьма удобно для реализации на вычислительной технике. Предлагаемая модель позволяет наиболее полно описать напряженно-деформированного состояния элемента в процессе высокотемпературного резко режимного нагрева, характерного для условий пожара железобетонных конструкций в зоне совместного действия нормальной силы, изгибающего момента и поперечной силы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 36554501-006-2006. Правила по обеспечению огнестойкости и огнезащиты железобетонных конструкций [Текст]. - Москва, 2006.
2. Федоров, В.С. Огнестойкость и пожарная опасность строительных конструкций [Текст] / В.С. Федоров, В.Е. Левитский, И.С. Молчадский, А.В. Александров – М.: ACB, 2009. – 408 с.
3. Vecchio F.J. Disturbed Stress Field Model for Reinforced Concrete : Formulation / F.J. Vecchio // Journal of Structural Engineering. – 2000. – №.9. – p. 1070–1077.
4. Vecchio F.J. Disturbed Stress Field Model for Reinforced Concrete: Implementation / F.J. Vecchio // Journal of Structural Engineering. – 2001. – №.1. – p. 12–20.

Федоров Виктор Сергеевич

Московского Государственного Университета Путей Сообщения (МИИТ), г. Москва
Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Строительные конструкции, здания и сооружения»
E-mail: fvs_skzs@mail.ru

Левитский Валерий Евгеньевич

Московского Государственного Университета Путей Сообщения (МИИТ), г. Москва
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения»
E-mail: fvs_skzs@mail.ru

Соловьев Илья Александрович

Московского Государственного Университета Путей Сообщения (МИИТ), г. Москва
Инженер, аспирант кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения»
E-mail: ilyasol@me.com

V. FEDOROV, V. LEVITSKY, I. SOLOVYEV

REINFORCED CONCRETE TERMAL-POWER MODEL FOR PLANE FRAME ELEMENTS

The paper provides an overview of existing methods for calculation of fire-resistance. Analyzed and identified the need for a modern concrete models adapted to take account of the effect of exposure to high-temperature, using non-linear numerical methods. A model thermal-power resistance for reinforced concrete plane frame designs based on the "Disturbed Stress Field Model" (DSFM) and thermomechanical diagrams of concrete and reinforcement.

Keywords: fire-resistance, reinforced concrete, high-temperate exposure, thermomechanical constitutive relations, plane frame.

BIBLIOGRAPHY

1. STO 36554501-006-2006. Pravila po obespecheniyu ognestoykosti i ognesokhrannosti zhelezobeton-nykh konstruktsiy [Text]. - Moskva, 2006.
2. Fedorov, V.S. Ognestoykost' i pozharnaya opas-nost' stroitel'nykh konstruktsiy [Text] / V.S. Fedorov, V.Ye. Levitskiy, I.S. Molchadskiy, A.V. Aleksandrov. – M.: ASV, 2009. – 408 s.
3. Vecchio F.J. Disturbed Stress Field Model for Reinforced Concrete : Formulation / F.J. Vecchio // Journal of Structural Engineering. – 2000. – No.9. – p. 1070–1077.
4. Vecchio F.J. Disturbed Stress Field Model for Reinforced Concrete: Implementation / F.J. Vecchio // Journal of Structural Engineering. – 2001. – No.1. – p. 12–20.

V. Fedorov

Moscow state university of railway engineering (MIIT), Moscow

Doctor of technical sciences, professor, head of the department «Construction structures, buildings and structures»

E-mail: fvs_skzs@mail.ru

V. Levitsky

Moscow state university of railway engineering (MIIT), Moscow

Candidate of technical sciences, associate professor of the department «Construction structures, buildings and structures»

E-mail: fvs_skzs@mail.ru

I. Solov'yev

Moscow state university of railway engineering (MIIT), Moscow

Engineer, postgraduate student of the department «Construction structures, buildings and structures»

E-mail: ilyasol@me.com

УДК 614.8.086.5

А.В. КАЛАЙДО

ОЦЕНКА ОБЛУЧЕНИЯ РАДОНОМ В ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ

Облучение природными изотопами радона, содержащимися в воздухе помещений, на данный момент считается второй по частоте причиной возникновения рака легкого после курения. В данном исследовании представлены результаты измерения уровней радона в помещениях Луганского университета имени Тараса Шевченко. Показано принципиальное различие в источниках и механизмах поступления радона в помещения нижних и верхних этажей зданий: на нижних этажах имеет место залповое поступление радона из почвы под зданием, тогда как в помещениях верхних этажей доминирующим механизмом является эманирование радона из строительных материалов. Проведен анализ факторов, определяющих активность радона в помещениях, выявлена связь уровней радона с разностью температур внутреннего и наружного воздуха, определена структура дозы облучения в помещениях многоэтажных зданий.

Ключевые слова: радон, дочерние продукты распада (ДПР), эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА), ионизирующее излучение, доза, почва

Введение

Радон ^{222}Rn – благородный радиоактивный газ с периодом полураспада 3,8 дней, не имеющий стабильных изотопов. В структуре облучения населения Российской Федерации его вклад составляет порядка 70% годовой эффективной дозы, а на радиоопасных территориях – еще больше. При этом опасен не сам радон, а его короткоживущие дочерние продукты распада (ДПР), содержащиеся в воздухе жилых и рабочих помещений (рис. 1). На данный момент облучение радоном в закрытых помещениях признано второй по частоте (после курения) причиной возникновения рака легкого [1].

Для количественной оценки содержания радона в воздухе помещений используются радиометрические единицы – объемная активность (ОА), применяемая в документах международных организаций [2, 3] или эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА), используемая в отечественных документах. В РФ нормы радона установлены отдельно для эксплуатируемых ($\leq 200 \text{ Бк}/\text{м}^3$) и проектируемых ($\leq 100 \text{ Бк}/\text{м}^3$) зданий, по сути представляющие собой уровни вмешательства [4].

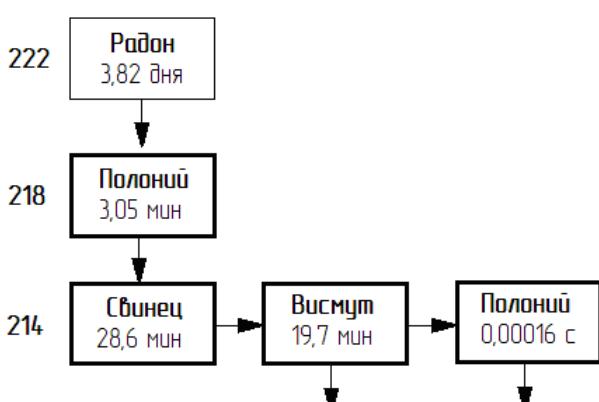


Рисунок 1 – Радон-222 и его короткоживущие продукты распада

Для уровней радона в жилищах характерны значительные суточные и сезонные вариации, поэтому корректная оценка среднегодовой ЭРОА в воздухе помещений, а также выявление факторов, определяющих динамику концентрации радона, являются актуальными задачами. Особенно важна данная проблема применительно к многоэтажным зданиям, для которых слабо изучены механизмы поступления и накопления радона.

1. Материалы и методы исследований

1.1. Радоновое обследование помещений университета

Закономерности формирования уровней радона в воздухе многоэтажных зданий исследовались на примере Луганского университета имени Тараса Шевченко. Луганская область недостаточно исследована в плане облучения населения ДПР радона, что можно объяснить следующими причинами:

- в Украине радиоопасными традиционно считались области, расположенные в пределах Украинского кристаллического щита, к числу которых она не относится. Хотя в условиях горных разработок, характерных для Донбасса, имеет место разрушение рельефа, приводящее к наложению на естественный радоновый фон загрязнения радоном жилых помещений;
- систематический контроль облучения населения источниками ИИ в Украине проводился в наиболее пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС Киевской, Сумской, Винницкой и Черкасской областях;
- крайне низкий уровень жилищного и промышленного строительства, обусловленный перманентным экономическим кризисом в Украине, привел к тому, что обязательные измерения уровней радона при введении зданий и сооружений в эксплуатацию носили случайный характер, не позволяющий сделать статистически достоверный вывод о радиоопасности отдельных районов Луганска.

В течение 2013 – 2015 гг. было произведено обследование всех без исключения помещений университета, находящихся на территории Луганска. Оно включало в себя мгновенные и циклические измерения ЭРОА радона, а также измерения мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения строительных материалов. На территории студгородка были проведены исследования в учебных корпусах № 1 (1939 год постройки, 5 этажей без цокольного, отсутствие монолитного фундамента), № 2 (1974 год постройки, 5 этажей, учебные аудитории и столовая на цокольном этаже), № 3 (1997 год постройки, 7 этажей, фундамент, учебные аудитории на цокольном этаже) и в трех студенческих общежитиях, а также в обособленных подразделениях, находящихся в других частях города.

Измерения проводились в закрытых (не открывавшихся на протяжении не менее 24 часов) учебных и служебных помещениях, параллельно фиксировались температуры внутри и снаружи здания. Измерения проводились экспресс-методом с помощью радиометра дочерних продуктов радона «АТЛЕШ-1М» (рис. 2), измеряющего ЭРОА радона путем прокачки 200 л воздуха через аналитический фильтр, с предварительным анализом естественного фона и последующим анализом активности фильтра. Большой объем прокачиваемого воздуха позволяет измерять ЭРОА от 5 Бк/м³, время измерения фона – 3 мин, прокачки и анализа активности фильтра – 5 мин.

Исследования динамики ЭРОА радона проводились этим же радиометром в режиме циклических измерений с периодичностью в один час. Измерение мощности гамма-излучения в помещениях (МЭД_{пом}) выполнялось поисковым дозиметром гамма-излучения «Ритм-1М» ДБР-02, аттестованным в диапазоне 0,01 мкЗв/час. Оба прибора были сертифицированы и прошли поверку в порядке, установленном законодательством.

1.2. Анализ источников и механизмов поступления радона

Почва является главным источником поступления радона в дома посредством диффузии и конвекции, ее радиоактивность вызвана наличием радионуклидов трех семейств (238U, 232Th, 235U) и 40K, еще часть радиоактивных изотопов попадает в почву вместе с атмосферными



Рисунок 2 – Радиометр дочерних продуктов радона «АТЛЕШ-1М»

осадками. Однако высокие ЭРОА в воздухе помещений возможны только при одновременном высоком содержании радия в почве, наличии путей переноса и отсутствующей или недостаточной вентиляции [5].

Интенсивность выделения радона из почв зависит от их дисперсности, времени суток, сезона и метеоусловий: повышение температуры и влажности почв увеличивает выделение радона, а повышение атмосферного давления уменьшает; промерзание почвы и снеговой покров мешают выходу радона в атмосферный воздух, приводя к его накоплению в поверхностном слое [6].

Вторым по мощности источником поступления радона в помещения являются стройматериалы, обеспечивающие до 10% его поступления [7], в [8] верхний предел вклада радона, выделяющегося из строительных материалов, составляет 16%. Интенсивность выделения радона из стройматериалов определяется содержанием ^{226}Ra и их эманирующей способности, зависящей от зернистости [9]. Экскаляция торона из строительных материалов также принимается во внимание при изучении радиационного облучения в помещениях. Исследование [10] показало, что эффективная доза от ДПР торона составила 0,09 мЗв/год, а полная эффективная доза от ДПР радона и торона – 0,38 мЗв/год.

Естественная радиоактивность атмосферного воздуха обусловлена выделением из почв изотопов радона и их ДПР, находящихся в аэрозольной форме. До 90% ДПР радона сорбированы на частицах диаметром не более 5 мкм, основная часть активности приходится на аэрозоли диаметром от 0,1 до 1 мкм [11]. ЭРОА радона в воздухе несущественно зависит от температуры и вне помещений редко превышает 15 Бк/м³.

Расчет вклада эманирования радона с поверхности облицовочных изделий в облучение населения в [12] предлагается производить по формуле

$$A = \frac{0,032 \times R \times S}{k \times V_0},$$

где k – среднегодовая кратность воздухообмена, час⁻¹;

R – плотность потока радона с поверхности отделочного материала, Бк/(м²·час);

S – площадь поверхности облицовочных материалов, м²;

V_0 – объем помещения, м³.

Для используемых материалов и размеров современных и жилых помещений при средней кратности воздухообмена 0,5 вклад в облучение за счет эманирования радона с поверхности облицовочных материалов не превышает 10 мкЗв/год. Поэтому данным источником формирования годовой дозы облучения в помещениях можно пренебречь.

На концентрацию радона внутри помещений также оказывает влияние возраст здания. С течением времени любая постройка оседает, в фундаменте образуются трещины, и поступление радона может увеличиться. Поэтому даже благополучное здание время от времени необходимо тестировать на наличие радона, однако однозначная связь между возрастом зданий и уровнями в них радона пока не установлена.

2. Анализ результатов исследования

2.1. Определение механизмов поступления радона

Изучение механизмов поступления радона в помещения университета производилось путем исследования суточной динамики уровней радона. В качестве объектов исследований были выбраны: учебная лаборатория 0-06 «Сопротивление материалов и детали машин», расположенная на цокольном этаже учебного корпуса 3, и преподавательская кафедры охраны труда 5-20, расположенная на пятом этаже данного корпуса. Исследование включало 4 цикла измерений ЭРОА радона на протяжении 5 – 7 суток в закрытых помещениях с периодичностью 1 час в период положительных (июль и октябрь) и отрицательных (ноябрь) температур, а

также в период резкого похолодания (декабрь) с выпадением снежного покрова толщины 40 см.

На нижнем этаже здания динамика уровней радона для всех циклов измерений имела следующий вид: ярко выраженный максимум (чаще всего один за сутки) и чередование выступов и провалов меньшей амплитуды. Максимумы ЭРОА регистрировались в произвольное время суток, изменения ЭРОА не повторяли циклических изменений суточной температуры. По характеру диаграммы можно сделать вывод о залповом поступлении радона в помещения нижнего этажа, что свидетельствует о преобладающей роли геофизических процессов в формировании уровней радона в помещениях нижних этажей.

Качественно иная картина характерна для верхних этажей зданий (рис. 3, б) – наблюдается выход ЭРОА радона на насыщение в течение двух-трех часов после начала измерений и дальнейшие незначительные колебания уровней около данного значения на протяжении всего времени дальнейших измерений. При этом не были выявлены сезонные вариации ЭРОА радона.

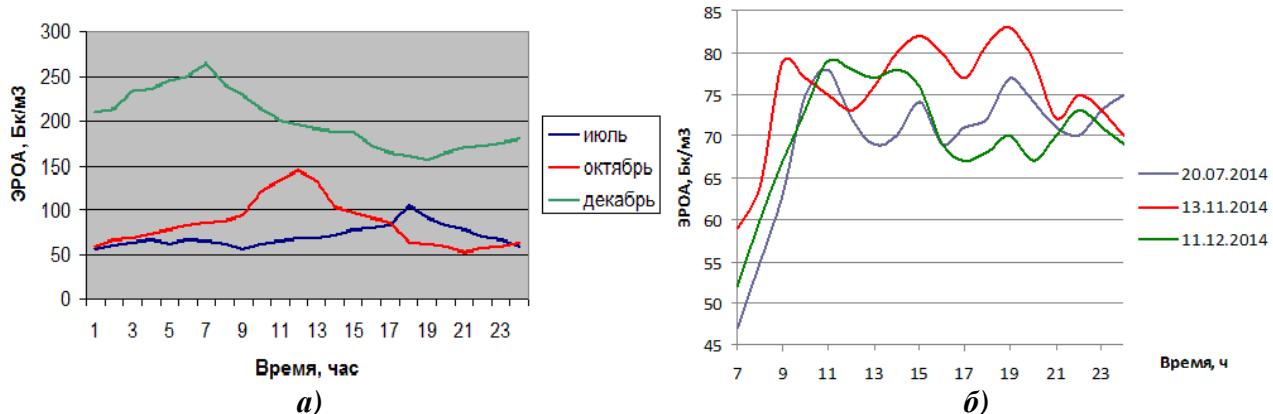


Рисунок 3 – Суточные вариации радона в помещениях нижнего (а) и верхнего (б) этажей

Статистическая обработка результатов измерений уровней радона на цокольном этаже методами корреляционного анализа показала сильную зависимость ЭРОА радона от разности температур внутри и снаружи помещения ($r_{\text{ЭРОА-т}} = 0,875$), что подтверждает диффузионный механизм поступления радона из почвы в помещения нижнего этажа. Для верхних этажей подобная зависимость не наблюдалась, разность давлений и скорость ветра не оказывают скольнибудь значимого влияния на формирование уровней радона. Средние значения уровней радона по циклам измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты исследования динамики уровней радона

Объект исследования	ЭРОА радона (max/min), $\text{Бк}/\text{м}^3$			
	июль	октябрь	ноябрь	декабрь
Цокольный этаж (0-06)	$73,9 \pm 6,4$ (50...105)	$68,6 \pm 2,8$ (48...99)	$153,0 \pm 10,1$ (61...263)	$98,0 \pm 5,7$ (61...179)
Пятый этаж (5-20)	$70,5 \pm 2,4$ (45...80)	$68,8 \pm 2,0$ (53...79)	$70,3 \pm 2,3$ (52...83)	$69,1 \pm 2,2$ (59...80)

Было выполнено усреднение результатов по периодам измерений:

– для теплого периода времени измерений уровни радона составили

$$\text{ЭРОА}_{\text{теп}} = 71,3 \pm 4,6 \text{ Бк}/\text{м}^3,$$

– для холодного периода времени измерений

$$\text{ЭРОА}_{\text{хол}} = 125,5 \pm 7,9 \text{ Бк}/\text{м}^3.$$

В результате коэффициент сезонных вариаций составил

$$K_{ce3} = 1,76 \pm 0,12.$$

2.2. Оценка распределения уровней радона по высоте зданий

Большой практический интерес представляет вопрос о распределении уровней радона по высоте зданий. Традиционно считается, что радон – проблема исключительно нижних этажей, но в последнее время все больше работ ставят под сомнение это утверждение. На рис. 4 показано распределение уровней радона по высоте учебных корпусов №№ 1 – 3, полученное при проведении радиационного мониторинга.

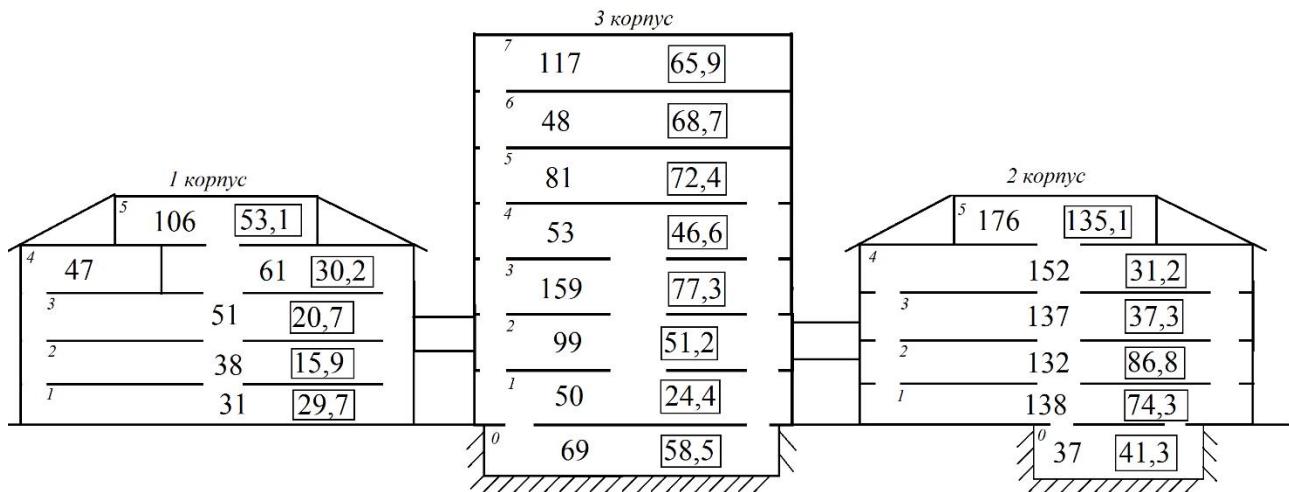


Рисунок 4 – Распределение уровней радона по этажам в коридорах и в закрытых помещениях (в прямоугольнике)

В 17 случаях из 19 отмечены более высокие значения ЭРОА в коридорах зданий, что может быть объяснено различием механизмов поступления радона: в учебные аудитории он поступает из только строительных материалов, а в коридоры – еще и из почвы под зданием. Поскольку для коридоров не отмечено снижение ЭРОА с увеличением этажа, можно считать доказанным факт вовлечения радона в движение конвективных потоков внутри здания.

Исследование показало, что значения ЭРОА радона в помещениях Луганского университета имени Тараса Шевченко не превышают национальный контрольный уровень для зданий, находящихся в эксплуатации (200 Бк/м³). По результатам измерений:

- среднегодовая ЭРОА радона в помещениях университета составила

$$EROA_{сред} = 53,3 \pm 3,8 \text{ Бк/м}^3,$$

- средняя МЭД внешнего гамма-излучения строительных материалов составила

$$M\mathcal{E}D_{сред} = 0,102 \pm 0,002 \text{ мкЗв/час.}$$

Кроме того, статистический анализ результатов экспериментов показал логарифмически-нормальный характер распределения помещений университета по величине ЭРОА и нормальное распределение данных помещений по величине МЭД.

2.3. Расчет среднегодовой дозы производственного облучения в помещениях университета

Годовая доза облучения в помещениях формируется за счет внешнего гамма-излучения строительных материалов и внутреннего облучения ДПР радона. В расчетах значение коэффициента дозового перехода от экспозиции к дозе, согласно рекомендаций НКДАР ООН 2000, принималось равным

$$k = 9 \text{ нЗв/(Бк·ч/м}^3).$$

При расчете дозы от ДПР радона время пребывания человека на рабочем месте считалось равным 2 000 часов/год, в результате доза облучения от ДПР радона составила

$D_{Rn} = 0,96$ мЗв/год,

а доза облучения от строительных материалов

$D_{Rn} = 0,20$ мЗв/год.

Исследования показали, что в закрытых помещениях основным дозообразующим фактором является внутреннее облучение ДПР радона, на долю которого приходится более 80% суммарной дозы.

Выводы

Произведена оценка среднегодовой ЭРОА радона ($55,3 \pm 3,8$ Бк/м³) и МЭД гаммаизлучения стройматериалов ($0,102 \pm 0,002$ мкЗв/час) в помещениях Луганского университета имени Тараса Шевченко, показавшая соответствие условий труда требованиям НРБ-99/09.

Выявлены источники поступления радона в помещения университета: на нижнем этаже доминирует диффузия из почвы под зданием; тогда как на верхних – эманирование радона из стройматериалов. Отмеченное увеличение поступления радона в помещения отмечено после перехода атмосферных температур в отрицательную область можно объяснить промерзанием грунта и перекрытием путей выхода радона в атмосферу.

Установлен залповый механизм поступления радона из почвы в воздух помещений с периодичностью 1 – 2 раза за сутки, не имеющий временных закономерностей. Значения ЭРОА радона на нижних этажах помещений университета характеризуются широким диапазоном вариаций, что определяет необходимость дифференцированного подхода к выбору средств и методов обеспечения их радиационной безопасности.

В результате исследования пространственного распределения уровней радона по этажам корпусов университета отмечены высокие значения ЭРОА для коридоров верхних этажей, что указывает на перенос радона потоками воздуха.

Определено отношение зима/лето для ЭРОА радона в помещениях нижних этажей корпусов университета ($1,76 \pm 0,12$). Для закрытых помещений верхних этажей показано отсутствие суточных и сезонных вариаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chen J., Moir D., MacLellan K., Leigh E., Nunez D., Murphy S., Ford K.. Soil radon measurements in the Canadian cities // Radiat Prot Dosim. 2012. No. 151(1). Pp. 172 – 174.
2. The 2007 Reccomendations of the International Commission on Radiological Protection: Reccomendation of the ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP 38. 2008. 332 p.
3. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах [Текст] // Публикация 65 МКРЗ: Международная комиссия по радиационной защите [пер. с англ. под ред. А.В. Кружалова]. М.: Энергоатомиздат, 1995. 68 с.
4. Санитарно-эпидемиологические правила «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения» (СП 2.6.1. 1292-03): утв. 18 апреля 2003 года, введены в действие с 20 июня 2003 г.
5. Андреев, А.И. Экспериментальные исследования динамики поступления радона в служебные помещения [Текст] / А.И. Андреев, М.Б. Медведева // Вестник ТОГУ. Физико-математические науки. – 2011. – № 3 (22). – С. 37 – 45.
6. Костенецкий, М.І. Грунт під будинком – основне джерело радону в приміщенні [Текст] / М.І. Костенецкий, А.І. Севальнєв, А.В. Кузак // Запорожский мед. журнал. – 2012. – № 1 (70). – С. 89 – 91.
7. Ярмошенко, И.В. Моделирование поступления радона в жилища [Текст] / И.В. Ярмошенко, М.В. Жуковский, А.А. Екидин // АНРИ. – 1999. – N 4. С. 17 – 26.
8. Кендинан, О. Д.-С. Объемная активность радона в воздухе зданий дошкольных учреждений Кызыла [Текст] / О. Д.-С. Кендинан., А.Т. Куулар // Вестн. Омского ун-та. – 2014. – № 2. – С. 76–78.
9. Bikit I., Mrda D., Grujic S., Kozmidis-Luburic U. Granulation effects on the radon emanation rate. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 145 (2 – 3). Pp. 184 – 188.
10. De With G., De Jong P. CFD modelling of thoron and thoron progeny in the indoor environment. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 145(2 – 3). Pp. 138 – 144.
11. Mostafa A. M., Tamaki K. Morizumi J., et. al. The weather dependence of particle size distribution of indoor radioactive aerosol associated with radon decay products. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 146(1 – 3). Pp. 19 – 22.

12. Стамат, И.П., Световидов А.В., Стамат А.И., Горский Г.А., Венков В.А. Оценка вклада эманирования радона с поверхности облицовочных изделий в облучение населения / И.П. Стамат, А.В. Световидов, А.И. Стамат, Г.А. Горский, В.А. Венков // Радиационная гигиена. Т. 2, № 4. – 2009. С. 16 – 22.

Калайдо Александр Витальевич

Луганский университет имени Тараса Шевченко, г. Луганск
Старший преподаватель кафедры БЖД, охраны труда и гражданской защиты
E-mail: kalaydo18@mail.ru

A. KALAYDO

ANALYSIS OF RADON EXPOSURE IN EXISTING HIGH-RISE BUILDINGS

Naturally occurring isotopes of radon in indoor air are identified as the second leading cause of lung cancer after tobacco smoking. This study presents the results of radon levels measurements in the Luhansk Taras Shevchenko University apartments. Show a fundamental difference in the sources and mechanisms of radon transport into lower and upper floor apartments. Soil under the building is the main radon source on the lower floor, and the the radon emanation from building materials is the dominant mechanism of radon transport into upper floors apartments. Also show a corelation between the radon levels in indoor air and internal and external temperature difference and determine the structure of radiation dose in high-rise apartments.

Keywords: radon, progeny, equivalent equilibrium radon concentration (EERC), ionizing radiation, dose, soil

BIBLIOGRAPHY

1. Chen J., Moir D., MacLellan K., Leigh E., Nunez D., Murphy S., Ford K.. Soil radon measurements in the Canadian cities // Radiat Prot Dosim. 2012. No. 151(1). Pp. 172 – 174.
2. The 2007 Reccomendations of the International Commission on Radiological Protection: Reccomendation of the ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP 38. 2008. 332 p.
3. Zashchita ot radona-222 v zhilykh zdaniyakh i na rabochikh mestakh [Tekst] // Publikatsiya 65 MKRZ: Mezhdunarodnaya komissiya po radiatsionnoy zashchite [per. s angl. pod red. A.V. Kruzhalova]. M.: Energoatomizdat, 1995. 68 s.
4. Sanitarno-epidemiologicheskiye pravila «Gigiyenicheskiye trebovaniya po ograniceniyu obucheniya nasele-niya za schet prirodnnykh istochnikov ioniziruyushchego izlucheniya» (SP 2.6.1. 1292-03): utv. 18 aprelya 2003 goda, vvedeny v deystviye s 20 iyunya 2003 g.
5. Andreyev, A.I. Eksperimental'nyye issledovaniya dinamiki postupleniya radona v sluzhebnyye pomeshcheniya [Tekst] / A.I. Andreyev, M.B. Medvedeva // Vestnik TOGU. Fiziko-matematicheskiye nauki. – 2011. – № 3 (22). – S. 37 – 45.
6. Kostenets'kiy, M.Í. Grunt píd budinkom – osnovne dzherelo radonu v primíshchenní [Tekst] / M.Í. Kostenets'kiy, A.Í. Seval'nêv, A.V. Kutsak // Zaporozhskiy med. zhurnal. – 2012. – № 1 (70). – S. 89 – 91.
7. Yarmoshenko, I.V. Modelirovaniye postupleniya radona v zhilishcha [Tekst] / I.V. Yarmoshenko, M.V. Zhukovskiy, A.A. Yekidin // ANRI. – 1999. – N 4. S. 17 – 26.
8. Kendivan, O. D.-S. Ob"yemnaya aktivnost' radona v vozdukhe zdaniy doshkol'nykh uchrezhdeniy Kyzyla [Tekst] / O. D.-S. Kendivan, A.T. Kuular // Vestn. Omskogo un-ta. – 2014. – № 2. – S. 76–78.
9. Bikit I., Mrda D., Grujic S., Kozmidis-Luburic U. Granulation effects on the radon emanation rate. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 145 (2 – 3). Pp. 184 – 188.
10. De With G., De Jong P. CFD modelling of thoron and thoron progeny in the indoor environment. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 145(2 – 3). Pp. 138 – 144.
11. Mostafa A. M., Tamaki K. Moriizumi J., et. al. The weather dependence of particle size distribution of indoor radioactive aerosol associated with radon decay products. Radiat Prot Dosim. 2011. No. 146(1 – 3). Pp. 19 – 22.
12. Stamat, I.P., Svetovidov A.V., Stamat A.I., Gorskiy G.A., Venkov V.A. Otsenka vklada emanirovaniya radona s poverkhnosti oblitsovochnykh izdeliy v obuchenije naseleniya / I.P. Stamat, A.V. Svetovidov, A.I. Stamat, G.A. Gorskiy, V.A. Venkov // Radiatsionnaya gigiiena. Т. 2, № 4. – 2009. S. 16 – 22.

A. Kalaydo

Luhansk Taras Shevchenko state university, Luhansk
Senior lecturer of the department of BC, health and civil protection
E-mail: kalaydo18@mail.ru

ШИШКИНА И.В., МАТЮШИН Д.В.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕРРИТОРИИ, НАХОДЯЩЕЙСЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Рассматривается новый подход к количественной оценке экологической безопасности городской среды, обусловленный ингредиентным и акустическим воздействиями объектов городского транспортного строительства. В зависимости от расчетного значения критерия оценки - показателя биосферной совместимости урбанизированной территории и комфортности городской среды в статье приводятся рекомендации по экологической реконструкции придорожной полосы и регулированию ширины санитарного разрыва.

Ключевые слова: экологическая безопасность городской среды, экологическая реконструкция, биосферная совместимость, критерий оценки экологической безопасности, придорожная полоса.

В последние десятилетия в связи с быстрым развитием автотранспортной системы городского хозяйства существенно обострились проблемы ее воздействия на окружающую среду. Общеизвестно, что объекты городского транспортного строительства (автомобильные дороги, мосты, путепроводы с движущимся по ним потоком автотранспортных средств, автотранспортная инфраструктура, предприятия дорожного сервиса и другие инженерные сооружения) являются мощным источником загрязнения окружающей природной среды. Из 35 млн.т вредных выбросов 89% приходится на выбросы автомобильного транспорта и предприятий дорожно-строительного комплекса [1].

Главной причиной возрастающего негативного воздействия на окружающую среду является несоответствие параметров состояния объектов городского транспортного строительства требованиям экологической безопасности, и несвоевременный учет динамики среды вследствие роста интенсивности дорожного движения, изменения состава транспортного потока и других техногенных факторов.

Одним из практических методов обеспечения экологической безопасности объектов городского транспортного строительства является экологическая реконструкция урбанизированных территорий. Экологическая реконструкция – это изменение параметров существующего неэкологичного объекта с приведением его и окружающей среды в состояние экологичности, в том числе равновесия с природной средой [2]. Рассмотрим мероприятия по экологической реконструкции территории применительно к объектам городского транспортного строительства, как наиболее мощным источникам негативного техногенного воздействия, в составе которых автомобильные дороги являются наиболее динамичными элементами.

Автомобильная дорога, как инженерное сооружение городской транспортной инфраструктуры, нарушает природные ландшафты, изменяет режим стока поверхностных и грунтовых вод, приводит к изменению микроклимата и взаимосвязанных с ним явлений во флоре и фауне. На придорожной территории нарушаются средняя скорость преобладающих ветров, нарушаются традиционные сезонные пути миграции животных и насекомых. Повышенный температурный и вибрационный режимы изменяют физику грунтов. Значительный вред окружающей среде, почвам и растительности оказывают выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания автомобилей, в которых содержатся более 200 токсичных веществ, в том числе оксид углерода, диоксиды азота и серы, сажа, альдегиды, соединения свинца и другие тяжелые металлы. Автотранспортные тепловые и газообразные выбросы существенно изме-

няют качественный и количественный составы атмосферного воздуха, его энтропию и циркуляцию.

Кроме того, каменноугольные дегти, смолы и битумы, радиоактивные породы и разнообразные шламы цветной металлургии, используемые при строительстве автомобильных дорог, способны загрязнять придорожную полосу токсичными веществами.

Общая схема взаимосвязей объектов транспортного строительства с экосистемой придорожной полосы представлена на рисунке 1.

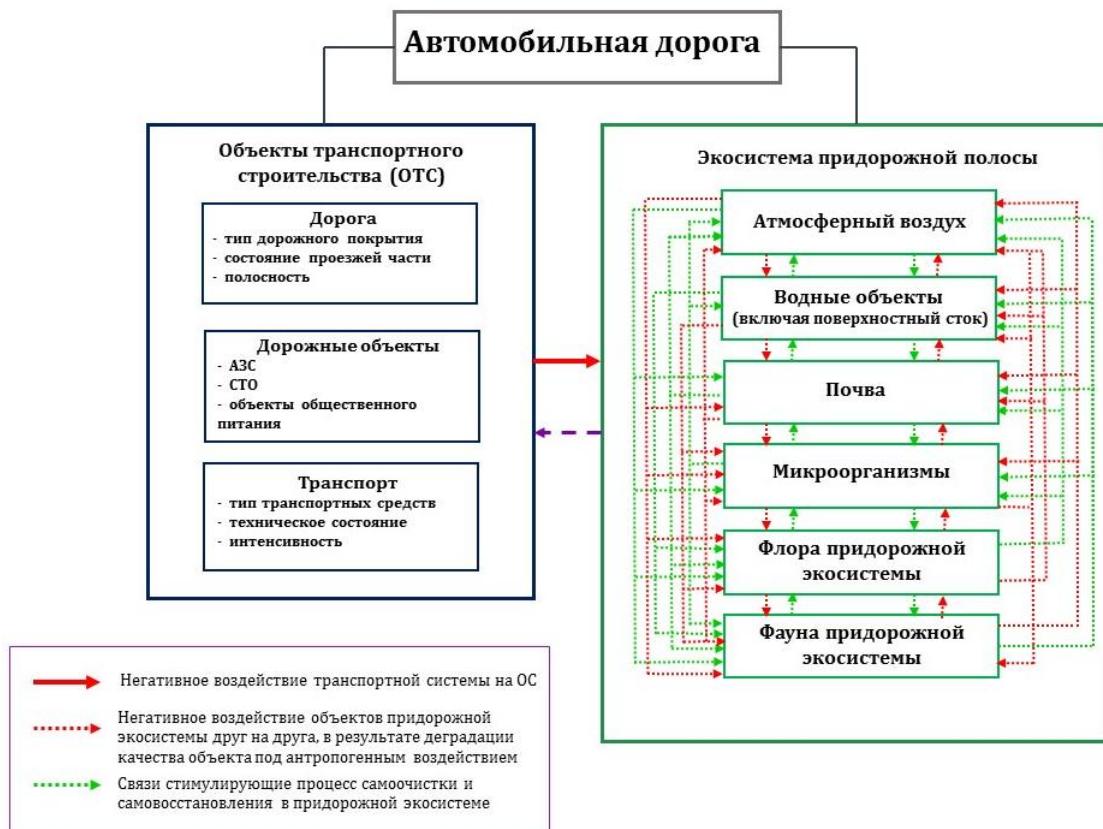


Рисунок 1 – Схема взаимосвязей объектов городского транспортного строительства с экосистемой придорожной полосы

В соответствии со статьей 3 Федерального закона № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации...» от 8 ноября 2007 г. придорожные полосы автомобильной дороги – это территории, которые прилегают с обеих сторон к полосе отвода автомобильной дороги и в границах которых устанавливается особый режим использования земельных участков (частей земельных участков) в целях обеспечения требований безопасности дорожного движения, а также нормальных условий реконструкции, капитального ремонта, содержания автомобильной дороги, ее сохранности учетом перспектив развития автомобильной дороги.

В соответствии с частью 2 статьи 26 этого же закона в зависимости от класса и (или) категории автомобильных дорог федерального значения с учетом перспектив их развития, за исключением автомобильных дорог, расположенных в границах населенных пунктов, ширина каждой придорожной полосы устанавливается от границы полосы отвода таких автомобильных дорог в размере:

- 1) семидесяти пяти метров - для автомобильных дорог первой и второй категорий;
- 2) пятидесяти метров - для автомобильных дорог третьей и четвертой категорий (рисунок 2);

- 3) двадцати пяти метров - для автомобильных дорог пятой категории;
- 4) ста метров - для подъездных дорог, соединяющих административные центры (столицы) субъектов Российской Федерации, города федерального значения Москву и Санкт-Петербург с другими населенными пунктами, а также для участков автомобильных дорог общего пользования федерального значения, построенных для объездов городов с численностью населения до двухсот пятидесяти тысяч человек;
- 5) ста пятидесяти метров - для участков автомобильных дорог, построенных для объездов городов с численностью населения свыше двухсот пятидесяти тысяч человек.



Рисунок 2 – Схема расположения полосы отвода и придорожных полос для автомобильных дорог (на примере третьей и четвертой категорий)

Решение об установлении границ придорожных полос автомобильных дорог федерального, регионального или муниципального, местного значения или об изменении границ таких придорожных полос принимается соответственно федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере дорожного хозяйства, уполномоченным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации, органом местного самоуправления на основе данных экомониторинга.

Выявленное в ходе мониторинга состояния городской среды ингредиентное и акустическое загрязнения зачастую продолжают распространяться и за установленными пределами придорожной полосы. Особенно это актуально для дорог с высокой интенсивностью движения, а также при недостаточных организационно-технических или конструктивных решениях, снижающих неблагоприятные воздействия объектов транспортного строительства в пределах придорожной полосы [3]. Зона влияния на окружающую природную среду может достигать 3000 м. На рисунке 3 показано распространение автомобильно-дорожных воздействий на придорожной территории.

Исходя из рисунка, можно видеть, что существующие нормативно-технические требования к параметрам придорожной полосы [4] не учитывают принципов синергетического воздействия в нормировании требований. В связи с чем, экологически безопасное состояние объектов транспортного строительства предлагается обеспечивать путем введения интегральных критериев оценки техногенного воздействия на окружающую среду – показателей биосферной совместимости территории. Экологическую безопасность придорожной полосы возможно оценивать, сравнивая фактические значения объема поступающих загрязняющих веществ с объемами, не нарушающими экологического равновесия территории, находящейся в зоне влияния объектов транспортного строительства, с учетом газопоглотительной способности зеленых насаждений, расположенных на данной территории [5,6].



Рисунок 3 – Распространение автомобильно-дорожных воздействий на придорожной территории

Значение показателя биосферной совместимости территории формализовано в виде:

$$h = \sum_k \sum_i \left[(B_{ik} - Z_{ik}) \right], \quad (1)$$

где B_{ik} – количественный индикатор состояния биосферы при воздействии на нее k -х элементов автотранспортной инфраструктуры в виде некоторого относительного показателя, стандартизированного числовыми значениями от нуля (минимальное) до единицы (максимальное);

Z_{ik} – количественный индикатор состояния техносферы, обусловленный объемом i -х загрязняющих веществ (ЗВ), образующихся от воздействия k -х элементов автотранспортной инфраструктуры с максимальными концентрациями, допускающими развитие (МКДР) урбанизированных территорий.

В зависимости от расчетного значения показателя биосферной совместимости и оцененного состояния городской среды могут быть даны рекомендации по экологической реконструкции территории. Примером градоустроительных мероприятий по экологической реконструкции может служить регулирование ширины придорожной полосы и санитарного разрыва (полосы отвода). Так, при низких значениях показателя биосферной совместимости территории или стремлении его к нулю необходимо либо увеличивать рекомендуемую ширину санитарного разрыва, либо предусматривать соответствующие организационно-технические или конструктивные решения, снижающие неблагоприятные воздействия объектов транспортного строительства. При высоких значениях показателя или стремлении его к единице возможно сохранение размера санитарного разрыва автомобильной дороги в пределах, установленных действующими нормами, за счет ранее реализованных мероприятий по экологической реконструкции придорожной полосы.

При этом регулирование ширины придорожной полосы целесообразно осуществлять на основе выявленного уровня отрицательного воздействия на природную среду со стороны объекта. В качестве количественной характеристики такого воздействия при регулировании ши-

рины придорожной полосы в целях сохранения экологического равновесия может выступать индекс, учитывающий расчетное значение интегрального показателя биосферной совместимости урбанизированной территории:

$$R_{II} = F(h_{OTC}) = F(h_N; h_P), \quad (2)$$

где F – функция экологического воздействия, определяющая реакцию окружающей среды в радиусе действия R_{II} .

Для регулирования ширины придорожной полосы и санитарного разрыва автомобильной дороги в зависимости от расчетного значения интегрального показателя биосферной совместимости территории рекомендуется принять следующие индексы (коэффициенты) и соответствующие выявленной экологической ситуации защитные мероприятия (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициент регулирования ширины придорожной полосы и санитарного разрыва автомобильной дороги и мероприятия по экологической реконструкции

Общий интегральный показатель биосферной совместимости урбанизированной территории h_{OTC}	Коэффициент регулирования ширины придорожной полосы и санитарного разрыва автомобильной дороги, $k \cdot n$	Экологическая ситуация на придорожной территории	Рекомендуемые мероприятия по экологической реконструкции придорожной полосы
0-0,19	1,8 n	весьма неблагоприятная	 <p>Шумо-газо-пылезащитное озеленение шириной посадки не менее 25 м. Применение выемок, валов и экранов в виде нежилых зданий и сооружений.</p> <p>Применение комбинированных шумозащитных экранов.</p>
0,20-0,36	1,6 n	неблагоприятная	 <p>Шумо-газо-пылезащитное озеленение шириной посадки не менее 15 м. Применение выемок, валов и экранов в виде нежилых зданий и сооружений.</p> <p>Применение шумозащитных экранов.</p>

0,37-0,62	1,4 <i>n</i>	малоблагоприятная	 Шумо-газо-пылезащитное озеленение шириной посадки не менее 10 м. Применение экологичных инженерных сооружений, в том числе биопозитивных озеленяемых шумозащитных экранов.
0,63-0,79	1,2 <i>n</i>	относительно благоприятная	 Шумо-газо-пылезащитное озеленение шириной посадки не менее 5 м.
0,80-1,0	<i>n</i>	благоприятная	Мероприятия по экологической реконструкции придорожной полосы не требуется.

Примечание: *n* – установленный норматив ширины придорожной полосы в зависимости от категории дороги, м

Так, например, для автомобильной дороги пятой категории, наиболее характерной для улично-дорожной сети города, минимально необходимая величина санитарного разрыва, характеризуемого размером зоны поражения (ограниченного развития), составит:

- для весьма неблагоприятной экологической ситуации ($h_{OTC} = 0,19$) – 45 м;
- для неблагоприятной экологической ситуации ($h_{OTC} = 0,20, 0,36$) – 40 м;
- для малоблагоприятной экологической ситуации ($h_{OTC} = 0,37, 0,62$) – 35 м;
- для относительно благоприятной экологической ситуации ($h_{OTC} = 0,63, 0,79$) – 30 м;
- для благоприятной экологической ситуации ($h_{OTC} = 0,63, 0,79$) – 25 м.

К основным мероприятиям по экологической реконструкции придорожной полосы можно отнести шумо-газо-пылезащитное озеленение территории. Такой вид озеленения представляет собой плотную многорядную посадку специально подобранных древесно-кустарниковых пород и является эффективным препятствием на пути распространения шума, выхлопных газов и скапливающейся на дорожном покрытии пыли. Основными задачами озеленения являются защита дорог и их конструктивных элементов от воздействия неблагоприятных природно-климатических факторов, защита прилегающих к дороге территорий от транспортных загрязнений, создание элементов благоустройства и архитектурно-художественного оформления дороги, а также обеспечения зрительного ориентирования водителей [7]. Размещение всех видов озеленения на вновь строящихся (реконструируемых) автомобильных дорогах общего пользования может осуществляться в пределах придорожной полосы шириной не менее 50 метров от границы полосы отвода.

С целью снижения уровня транспортного шума применяют различные виды конструкций шумозащитных экранов. Применение таких противовибрационных мер позволяет снизить уровень шумов на 20% ниже предельно допустимых [8].

Таким образом, на основании численного значения интегрального показателя биосферной совместимости h_{OTC} могут быть даны рекомендации по экологической реконструкции территории, находящейся в зоне влияния объектов городского транспортного строительства. Значения параметров придорожной полосы и санитарного разрыва, например, для автомо-

бильной дороги, должны соответствовать принятым нормативам безопасности окружающей среды и социальным стандартам качества жизни, определяющим возможность экологического самообеспечения и прогрессивного развития биотехносферы урбанизированных территорий в контексте основных положений парадигмы биосферной совместимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 г». Режим доступа сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации <http://www.mnr.gov.ru>.
2. Тетиор, А.Н. Экспо-2010: пути решения экологических проблем городов [Текст] / А.Н. Тетиор // Архитектура и строительство Москвы. – 2010. – №6. – С. 30-36.
3. Петросян, Т.О. Экологическая безопасность автомобильных дорог [Текст] / Т.О. Петросян, Н.Ф. Сидоренко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура, 2012. – Вып. 28(47). – С. 332-336.
4. ОДН 218.5.016-2002. Показатели и нормы экологической безопасности автомобильной дороги. – М.: МАДИ (ГТУ), 2002. – 15 с.
5. Бакаева, Н.В. Интегральный показатель экологической безопасности территории, находящейся под влиянием объектов городского транспортного строительства [Текст] / Н.В. Бакаева, Д.В. Матюшин // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Техника и технологии». – 2015. – № 3(16). - С.21-29.
6. Бакаева, Н.В. Критерий оценки экологической безопасности, обусловленный ингредиентным и акустическим воздействиями объектов городского транспортного строительства [Текст] / Н.В. Бакаева, Д.В. Матюшин // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 2(15).
7. Сапожкова, Н.В. Подбор мероприятий по снижению негативного воздействия автотранспорта на городскую среду дорог [Текст] / Н.В. Сапожкова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура, 2011. – Вып. 23(42). – С. 162-167.
8. Бакаева, Н. В. Оценка акустического загрязнения городской среды на основе показателя биосферной совместимости [Текст] / Н.В. Бакаева, Д.В. Матюшин, Т.М. Новикова // Строительство и реконструкция, 2015. – № 1(57). – С.74-83.

Шишкина Ирина Викторовна

ФГБОУ ВО «Государственный университет – учебно-научно производственный комплекс», г. Орел
кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство автомобильных дорог»

E -mail: schunya87@yandex.ru

Матюшин Денис Васильевич

ФГБОУ ВО «Государственный университет – учебно-научно производственный комплекс», г. Орел
старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции и материалы»
E -mail: matydenis@yandex.ru

I. SHISHKINA, D. MATYUSHIN

ECOLOGICAL RECONSTRUCTION OF THE TERRITORY WHICH IS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF OBJECTS URBAN TRANSPORT CONSTRUCTION

A new approach to the quantitative assessment of environmental safety the urban environment which is caused ingredient and acoustic impacts of objects urban transport construction is considered. Recommendations about ecological reconstruction of the territory are given, depending on a calculated value of evaluation criterion – indicator of biosphere compatibility of the urbanized territory and a level of urban environment comfort condition of an urban environment recommendations about ecological reconstruction of the territory are given, in particular on regulation of width of a roadside strip and sanitary gap.

Keywords: environmental safety of urban environment, ecological reconstruction, biosphere compatibility, criterion of evaluation environmental safety, roadside strip.

BIBLIOGRAPHY

1. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2012 g». Rezhim dostupa sayt Ministerstva prirodykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii <http://www.mnr.gov.ru>.
2. Tetior, A.N. Ekspo-2010: puti resheniya ekologicheskikh problem gorodov [Tekst] / A.N. Tetior // Arkhitektura i stroitel'stvo Moskvy. – 2010. – №6. – S. 30-36.
3. Petrosyan, T.O. Ekologicheskaya bezopasnost' avtomobil'nykh dorog [Tekst] / T.O. Petrosyan, N.F. Sidorrenko // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura, 2012. – Vyp. 28(47). – S. 332-336.
4. ODN 218.5.016-2002. Pokazateli i normy ekologicheskoy bezopasnosti avtomobil'noy dorogi. – M.: MADI (GTU), 2002. – 15 s.
5. Bakayeva, N.V. Integral'nyy pokazatel' ekologicheskoy bezopasnosti territorii, nakhodyashcheyssa pod vliyaniem ob"yektor gorodskogo transportnogo stroitel'stva [Tekst] / N.V. Bakayeva, D.V. Matyushin // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Tekhnika i tekhnologii». – 2015. – № 3(16). - S.21-29.
6. Bakayeva, N.V. Kriteriy otsenki ekologicheskoy bezopasnosti, obuslovlennyi ingrediyentnym i akusticheskim vozdeystviyami ob"yektor gorodskogo transportnogo stroitel'stva [Tekst] / N.V. Bakayeva, D.V. Matyushin // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 2(15).
7. Sapozhkova, N.V. Podbor meropriyatiy po snizheniyu negativnogo vozdeystviya avtotransporta na gorodskuyu sredu dorog [Tekst] / N.V. Sapozhkova // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura, 2011. – Vyp. 23(42). – S. 162-167.
8. Bakayeva, N. V. Otsenka akusticheskogo zagryazneniya gorodskoy sredy na osnove pokazatelya biosfernoy sovmestimosti [Tekst] / N.V. Bakayeva, D.V. Matyushin, T.M. Novikova // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya, 2015. – № 1(57). – S.74-83.

I. Shishkina

State university – educational-science-production complex, Orel

Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the Construction of highways department

E-mail: schunya87@yandex.ru

D. Matyushin

State university – educational-science-production complex, Orel

Senior lecturer of the Building construction and materials department

E-mail: matydenis@yandex.ru

УДК 692.827

ДВОРЕЦКИЙ А.Т., АВДОНЬЕВ Е.Я., МОРГУНОВА М.А.

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ СОЛНЦЕЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУТОЧНОГО КОНУСА СОЛНЕЧНЫХ ЛУЧЕЙ

Целью работы является разработка способа проектирования солнцезащитных устройств, позволяющих, благодаря своей форме, защищать помещения от перегрева летом и пропускать полезную солнечную радиацию зимой. На тепловой режим здания существенное влияние оказывает система солнцезащиты, которая не накапливает энергию, но значительно уменьшает поступление солнечной энергии вовнутрь здания в жаркий период. И напротив, зимой эта система обеспечивает поступление тепла от солнца в жилые помещения. В статье предложен алгоритм формообразования стационарных солнцезащитных устройств, в основе которого лежит суточный конус солнечных лучей.

Ключевые слова: солнцезащитные устройства, формообразование, суточный конус солнечных лучей, пластика фасада, регулирование солнечного света.

Постановка проблемы. Существует много причин регулирования количества солнечного света, проникающего в здание. В смешанных климатических условиях [8] избыток солнечной энергии может привести к высокому энергопотреблению для охлаждения здания в летний период и внести позитивных вклад в пассивное отопление здания через светопрозрачные конструкции в зимний период. Управление и распределение солнечного света будет улучшать естественное освещение помещений.

В странах ЕС и США проводились и проводятся многочисленные исследования, посвященные как максимальному использованию естественного освещения, так и защите помещений от перегрева, вызванного прямой солнечной радиацией, а также учету поступлений от солнечной радиации в тепловом балансе зданий [1]. На рисунках 1 и 2 изображены солнцезащитные устройства.



Рисунок 1 – Солнцезащитное устройство гостиницы, Лас Вегас

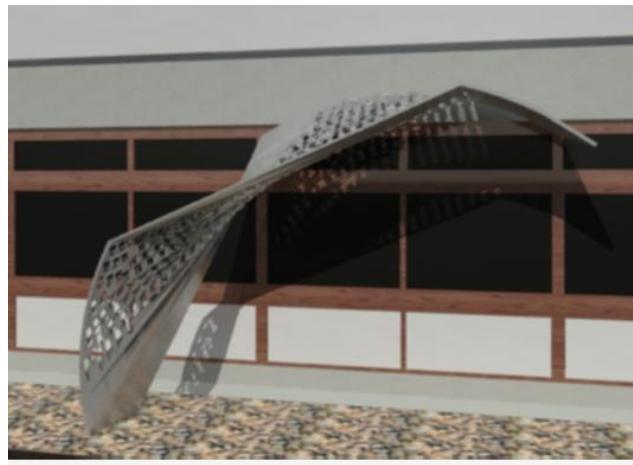


Рисунок 2 – Солнцезащитное устройство, Кантербюри, Англия

Анализ достижений и публикаций.

Одним из наиболее эффективных путей широкого внедрения солнцезащитных устройств в нашей стране является разработка нормативных документов по их применению в строительстве. До настоящего времени в РФ практически не существовало стандартов на проектирование, производство, применение и испытания солнцезащитных устройств. Однако в связи с повышением среднегодовых температур в большинстве климатических регионов России, ростом стоимости топливно-энергетических ресурсов, усилением политики энергосбережения в соответствии с Федеральным законом № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» назрела необходимость расширения применения солнцезащитных устройств в зданиях различного назначения [5,6].

Грамотно спроектированные солнцезащитные устройства могут значительно снизить пиковое потребление энергии на отопление, улучшить качество естественного освещения интерьеров, снизить годовое потребление энергии на охлаждение от 5% до 15% [7]. Солнцезащитные устройства могут улучшить визуальный комфорт, управляя бликами и снижая коэффициент контрастности, что приводит к увеличению производительности. Солнцезащитные устройства предполагают проектирование фасадов одного и того же здания с разным дизайном.

Использование солнечного регулирования и солнцезащитных устройств является важным аспектом многих энергоэффективных стратегий проектирования зданий. В частности, здания, которые используют пассивное солнечное отопление или естественное освещение часто зависят от хорошо продуманных солнцезащитных устройств.

В период охлаждения здания, внешнее затенение окна есть отличный способ предотвратить нежелательное усиление солнечного тепла от входа в кондиционируемое помещение.

Количественной оценке поступлений тепловой энергии солнца в тепловом балансе здания на примере Крыма посвящена работа [7], в которой сделан вывод, что в жаркий период в Крыму:

- при отсутствии солнцезащитных устройств (СЗУ) период охлаждения здания длится в течение четырёх месяцев: июнь, июль, август и сентябрь.
- При наличии СЗУ период охлаждения здания сокращается до двух месяцев: июль и август. В эти месяцы нагрев помещения происходит за счёт высокой наружной температуры.
- В эти два месяца значительно сокращается нагрузка на систему кондиционирования за счёт СЗУ.

Один из способов формообразования солнцезащитных устройств как внешних элементов здания основан на солнечных картах, в которых используются величины высоты и азимута солнца [3,4]. Этот способ хорошо описан в «Рекомендациях по расчёту инсоляции объектов гражданского назначения ДСТУ-Н Б.2.2-27: 2010».

По мнению авторов [1], более удобными в проектировании затеняющих систем являются горизонтальные и вертикальные теневые углы. Ими предлагается методика объёмного макетирования на основе разработанных развёрток поверхностей солнцезащитных устройств.

Солнцезащитные устройства могут иметь огромное влияние на внешний вид здания. Это влияние может быть или отрицательным, или положительным. Солнцезащитные устройства должны быть привлекательными и хорошо интегрироваться в общую архитектуру проекта.

Целью работы является разработка способа проектирования стационарных солнцезащитных устройств, позволяющих, благодаря своей форме, защищать помещения от перегрева летом и пропускать полезную солнечную радиацию зимой.

Основная часть

Разработка эффективных устройств затенения зависит от научно обоснованной методики проектирования с учётом, прежде всего, климатических особенностей района застройки.

Особое значение для Крыма имеют солнцезащитные устройства в связи с большим количеством солнечной радиации и высокой среднесуточной температурой в летние месяцы [9]. Для сравнения, количество солнечных часов в год на севере Европы 1300- 1500, в Крыму 2000 -2400.

Причём, в течение года, в зависимости от температурных показателей наружного воздуха, солнечная радиация может быть желательной или нежелательной. Для определения влияния солнечной радиации на микроклимат помещений необходимо учитывать наружный климат, архитектуру здания и теплотехнические свойства оболочки здания.

Проблема проектирования светопрозрачных конструкций энергоэффективных зданий, особенно для смешанного климата [8], должна решаться с учётом двух аспектов:

- защиты здания от перегрева за счёт избыточного солнечного излучения летом;
- использования солнечного излучения зимой для пассивного нагрева здания.

Известные способы предполагают предварительный выбор конструкции солнцезащитного устройства в зависимости от пластики фасада, доступности на рынке, долговечности, надёжности, цены и др.

Регулирование солнечной радиации, поступающей в здание, осуществляется варьированием параметров формы и положения поверхностей, из которых состоит солнцезащитное устройство.

В настоящей работе предлагается способ формообразования солнцезащитных устройств с использованием суточного конуса солнечных лучей.

Образование суточного конуса солнечных лучей можно представить, как результат вращения направления на Солнце вокруг оси вращения Земли и при рассмотрении движения Солнца вокруг Земли, которая в течение суток находится в одной точке орбиты. На рисунке 3 изображён суточный конус солнечных лучей Φ с половиной угла ϕ при вершине, горизонтальная плоскость π , широта местности σ , часовой угол τ , азимутальный угол A^0 .

Если период затенения окна на южном фасаде выбран с 22 апреля по 22 августа, то есть период симметричный относительно 22 июня, то суточный конус солнечных лучей для граничных дней этого периода рассчитывается следующим образом [2]:

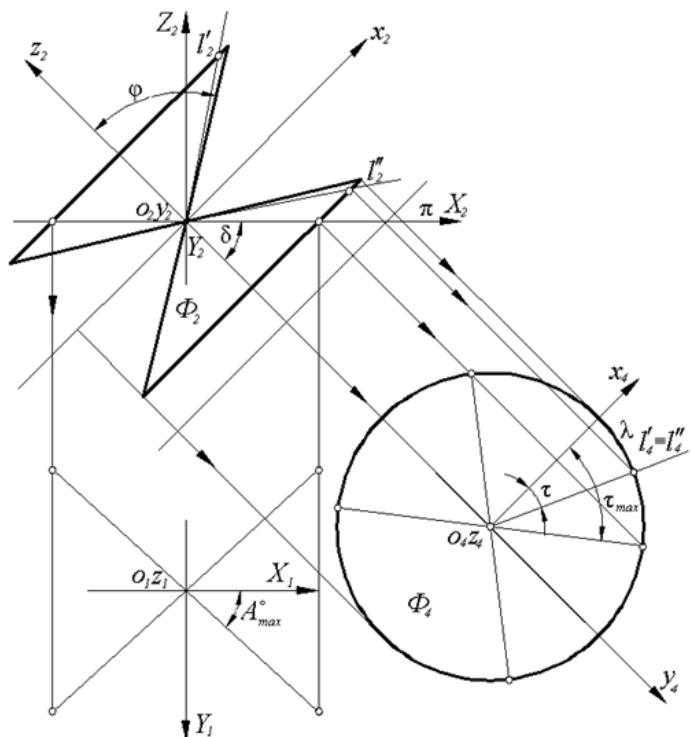


Рисунок 3 – Суточный конус солнечных лучей

Косинус половины угла при вершине суточного конуса солнечных α лучей равен $\cos \alpha = 0,3979 * \cos \sigma$.

Переменный угол γ , который равен углу поворота Земли вокруг Солнца, отсчитываемый от точки летнего противостояния.

$$\gamma = \frac{360^\circ * N}{365} = 0,9863^\circ * N,$$

N – количество суток, которые отсчитываются от 22.06 до заданного дня года.

Если заданный день года 22 августа, то количество суток до этого дня $N_{22.08} = 62$.

$$\gamma = 61^0$$

$$\cos \alpha = 0,3979 * \cos 61 = 0,192$$

где $\alpha = 78^0 54'$.

Параметры формы и положения солнцезащитного устройства определяются по следующему алгоритму:

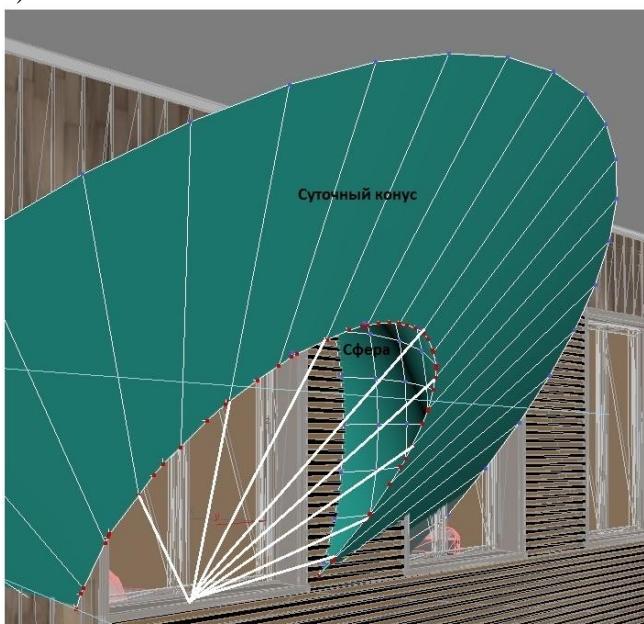
1. Выбирается форма солнцезащитного устройства в зависимости от пластики фасада. Например, сфера (рис. 4).

2. Определяются размеры и контуры солнцезащитного устройства для заданного периода затенения. Для этого ищется линия пересечения поверхности солнцезащитного устройства и суточного конуса солнечных лучей для граничных дней периода затенения. Например, пересечение сферы и конуса с углом при вершине $2\alpha = 157^0 48'$.

3. Выбирается конструкция солнцезащитного устройства.

На рисунках 4 изображено солнцезащитное устройство, форма которого есть сфера.

а)



б)



Рисунок 4 – Солнцезащитное устройство в виде сферы: а – вид суточного конуса солнечных лучей, б – общий вид солнцезащитного устройства

На рисунке 5 фасад в классическом стиле и гармонично сочетающиеся с ним солнцезащитные устройства, форма которых есть цилиндр, перпендикулярный плоскости фасада. На рисунке 6 изображён фасад в стиле Hi – tech с солнцезащитными устройствами, форма которых есть конус.

Среди основных типов зданий, которые могут принести пользу от применения солнцезащитных устройств являются:

- жилые здания, особенно в умеренных или теплых климатах;
- офисы, административные здания и другие сооружения, использующие естественное освещение;
- почти любое сооружение в теплых, солнечных климатических условиях.

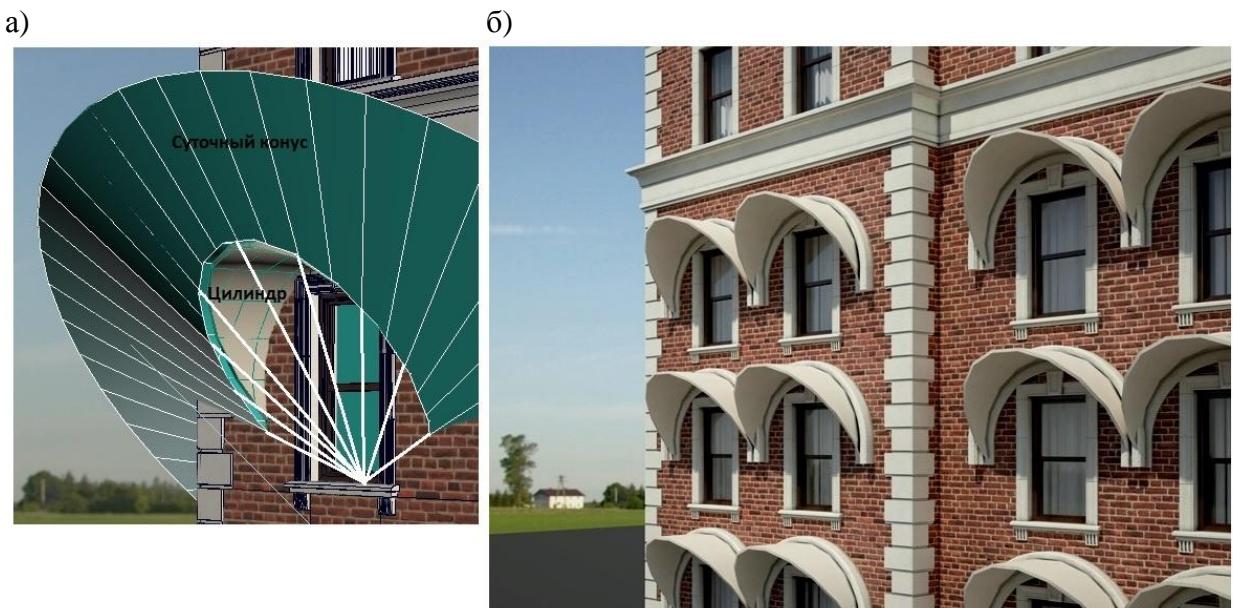


Рисунок 5 – Солнцезащитное устройство в виде цилиндра: а – вид суточного конуса солнечных лучей, б – общий вид солнцезащитного устройства

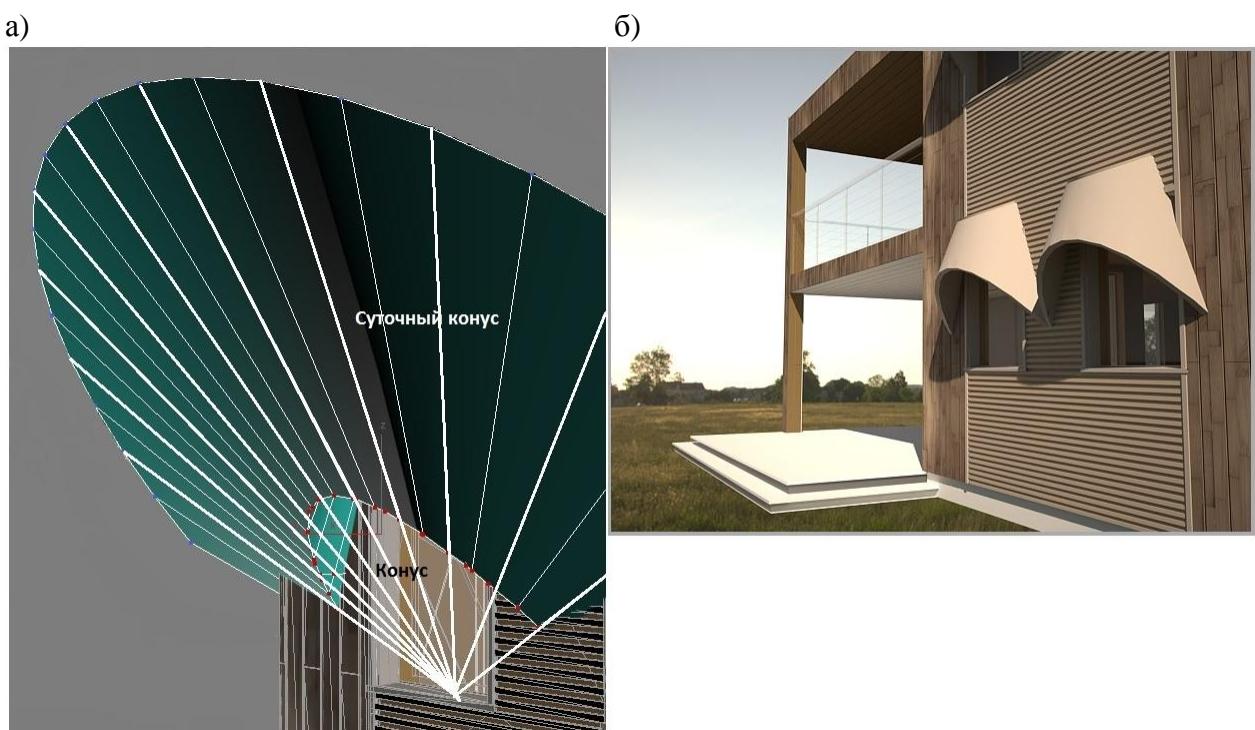


Рисунок 6 – Солнцезащитное устройство в виде конуса: а – вид суточного конуса солнечных лучей, б – общий вид солнцезащитного устройства

Выводы

1. На тепловой режим здания существенное влияние оказывает система солнцезащиты, которая не накапливает энергию, но значительно уменьшает поступление солнечной энергии вовнутрь здания в жаркий период. И напротив, зимой эта система обеспечивает поступление тепла от солнца в жилые помещения.
2. Решать проблему охлаждения - кондиционирования здания рационально за счет соответствующего архитектурного решения с помощью стационарных солнцезащитных

устройств, а в случае необходимости дополнительного охлаждения - за счет альтернативных источников энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харкнесс, Е. Регулирование солнечной радиации в зданиях [Текст] / Е. Харкнесс, М. Мехта; ред.: Н.В. Оболенского; пер. с англ.: Г.М. Айрапетовой. - М.: Стройиздат, 1984.-176 с.
2. Подгорный, А.Л. Світопрозорі огороження будинків [Текст] / А.Л. Подгорный, І.М. Щепетова, О.В. Сергейчук, О.М. Зайцев, В.П. Процюк. – Київ.: Витрина, 2005.- 281 с.
3. Сергейчук, О.В. Особенности методики расчёта солнечных теплопоступлений в национальном приложении к ДСТУ Б ЕН ISO 13790 [Текст] / О.В. Сергейчук, В.С. Буравченко, О.Б. Андропова // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. – К.: КНУБА, 2014. – № 6. – С. 267-272.
4. Сергейчук, О. В. Оптимизация физико-технических параметров светопрозрачных конструкций в процессе проектирования энергоэффективных зданий [Текст] / О.В. Сергейчук // Материалы международной конференции «Биосферносовместимые города и поселения». – Брянск, 2012. – С. 50 – 56.
5. Спиридовон, А.В. Энергосберегающее стекло – основной элемент современных зданий [Текст] / А.В. Спиридовон // БСТ.– 2012.– № 2.
6. Спиридовон, А.В. Солнцезащитные устройства: европейская и российская практика нормирования/ А.В. Спиридовон, И.Л. Шубин, В.И. Римшин, С.А. Сёмин // АВОК 3 - 2014.
7. Дворецкий, А.Т. Влияние солнечной радиации на продолжительность отопительного периода и периода охлаждения зданий в Крыму [Текст] / А.Т. Дворецкий // «Биосферная совместимость: человек, регион, технологии». – Курск, 2014. – Вып. 3(7). – С. 74-80.
8. Дворецкий, А.Т. Энергоэффективная архитектура зданий в смешанном климате [Текст] / А.Т. Дворецкий, К.Н. Клевец, Д.А. Дворецкий // «Жилищное строительство». №3, Москва, 2015. С. 14-18.
9. Дворецкий, А.Т. Геометрическая модель распределения солнечной радиации на вертикальном фасаде/ А.Т. Дворецкий, М.В. Чебышев // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Сб. научных трудов. – Київ, 2013. – №5 – С. 24-28.

Дворецкий Александр Тимофеевич

ФГАОУ ВПО «Крымский федеральный университет им. Вернадского», г. Симферополь.

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой Геометрического и компьютерного моделирования энергоэффективных зданий.

E-mail: dvoretskyat@ukr.net

Авдоньев Евгений Яковлевич

ФГАОУ ВПО «Крымский федеральный университет им. Вернадского», г. Симферополь.

Кандидат технических наук, профессор кафедры Геометрического и компьютерного моделирования энергоэффективных зданий.

Моргунова Мария Александровна

ФГАОУ ВПО «Крымский федеральный университет им. Вернадского», г. Симферополь.

Аспирант кафедры Геометрического и компьютерного моделирования энергоэффективных зданий.

E-mail: riya@ukr.net

A. DVORETSKY, E. AVDONEV, M. MORGUNOVA

FORMING OF STATIONARY SHADING DEVICES USING OF SOLAR RAYS DAILY CONE

The aim is to provide a method of designing shading devices, allowing, due to its shape, to protect the Living spaces from overheating in the summer and to pass useful solar radiation in the winter. In the thermal regime of the building is significantly affected by shading system, which does not accumulate energy, but reduces the amount of solar energy inside the building during the hot period. Conversely, in

the winter, this system ensures the supply of heat from the sun into the living room. An algorithm of forming fixed shading devices, which is based on the solar rays daily cone is proposed in this article.

Keywords: shading devices, shaping, solar rays daily cone, plastic of facade, sunlight regulation.

BIBLIOGRAPHY

1. Kharkness, I. Regulirovaniye solnechnoy radiatsii v zdaniyakh [Tekst] / Ye. Kharkness, M. Mekhta; red.: N.V. Obolenskogo; per. s angl.: G.M. Ayrapetovoy. - M.: Stroyizdat, 1984.-176 s.
2. Podgornyy, A.L. Svítoprozorí ogorodzhennya budinkív [Tekst] / A.L. Podgornyy, Í.M. Shchepetova, O.V. Sergeychuk, O.M. Zaytsev, V.P. Protsyuk. – Kiїv.: Vitrina, 2005.- 281 s.
3. Sergeychuk, O.V. Osobennosti metodiki raschota solnechnykh teplopostupleniy v natsional'nom prilozhenii k DSTU B EN ISO 13790 [Tekst] / O.V. Sergeychuk, V.S. Buravchenko, O.B. Andropova // Yenergoefektivnost' v budívnitství ta arkhitekturí. – K.: KNUBA, 2014. – № 6. – S. 267 272.
4. Sergeychuk, O. V. Optimizatsiya fiziko-tehnicheskikh parametrov svetoprotzrachnykh konstruktsiy v protsesse proyektirovaniya energoeffektivnykh zdaniy [Tekst] / O.V. Sergeychuk // Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Biosfernosovmestimyye goroda i poseleniya». – Bryansk, 2012. – S. 50 – 56.
5. Spiridonov, A.V. Energosberegayushcheye steklo – osnovnoy element sovremennykh zdaniy [Tekst] / A.V. Spiridonov // BST.– 2012.– № 2.
6. Spiridonov, A.V. Solntsezashchitnyye ustroystva: yevropeyskaya i rossiyskaya praktika normirovaniya/ A.V. Spiridonov, I.L. Shubin, V.I. Rimshin, S.A. Somin // AVOK 3 - 2014.
7. Dvoretskyi, A.T. Vliyaniye solnechnoy radiatsii na prodolzhitel'nost' otopitel'nogo perioda i perioda okhlazdeniya zdaniy v Krymu [Tekst] / A.T. Dvoretskyi // «Biosfernaya sovmestimost': chelovek, regi-on, tekhnologii». – Kursk, 2014. – Vyp. 3(7). – S. 74-80.
8. Dvoretskyi, A.T. Energoeffektivnaya arkhitektura zdaniy v smeshannom klimate [Tekst] / A.T. Dvoretskyi, K.N. Klevets, D.A. Dvoretskyi // «Zhilishchnoye stroitel'stvo». №3, Moskva, 2015. S. 14-18.
9. Dvoretskyi, A.T. Geometricheskaya model' raspredeleniya solnechnoy radiatsii na vertikal'nom fasade/ A.T. Dvoretskyi, M.V. Chebyshev // Yenergoefektivnost' v budívnitství ta arkhitekturí. Sb. nauchnykh tru-dov. – Kiїv, 2013. – №5 – S. 24-28.

A. Dvoretsky

Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.
Doctor of technical science, professor, head of Geometrical and Computer Simulation of Energy Efficient Buildings Department.
E-mail: dvoretskyat@ukr.net

E. Avdonev

Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.
Candidate of technical science, professor of Geometrical and Computer Simulation of Energy Efficient Buildings Department.

M. Morgunova

Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol.
Graduate student of Geometrical and Computer Simulation of Energy Efficient Buildings department
E-mail: riya@ukr.net

УДК 691

ЛЕСНОВ В.В., ЕРОФЕЕВ В.Т., САЛИМОВ Р.Н., СМИРНОВ В.Ф.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ КАРКАСНЫХ БЕТОНОВ, В МОДЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ПРОДУКТОВ МЕТАБОЛИЗМА МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ГРИБОВ*

Приведены исследования биологической стойкости эпоксидных композиций, модифицированных различными видами наполнителей и разжижающей добавкой. Исследуемые составы были выдержаны в модельной среде продуктов метаболизма мицелиальных грибов. Получены составы эпоксидных композитов с улучшенными показателями биологической стойкости, пригодные для формирования каркасных бетонов повышенной долговечности.

Ключевые слова: каркасный бетон; модифицированные эпоксидные композиты; наполнители; модельная биологическая среда; коэффициент биологической стойкости; изменение массосодержания.

Совершенствование известных и создание новых композиционных материалов с пониженной материалоемкостью, улучшенными эксплуатационными, физическими и механическими характеристиками, является в области строительного материаловедения главной задачей.

Композиционные строительные материалы, полученные по каркасной технологии (каркасные композиты), наиболее полно отвечают этой задаче. Данная технология изготовления состоит в предварительном получении пористого каркаса и последующей пропитке его пустот высокоподвижной матрицей [2, 5]. Каркас получают методами спекания, уплотнения к склеиванию зерен крупного заполнителя друг с другом, последний из которых получил наиболее широкое распространение. По каркасной технологии можно создавать композиционные материалы на различных типах связующих, которые по своей природе могут быть даже не совместимы друг с другом [2, 5].

В последнее время из-за роста числа предприятий с агрессивными биологическими средами, наряду с изучением химической стойкости [2, 4-6], большое внимание уделяется биологической стойкости материалов [2-5, 7]. Биокоррозия возникает, как правило, при скапливании на материалах и конструкциях различных загрязнений, которые служат питательной средой для микроорганизмов, развитие которых способствует накоплению продуктов их метаболизма [2-4, 7]. Широкое распространение на биокоррозию строительных материалов оказывают мицелиальные грибы, поэтому исследование влияния продуктов их метаболизма на

* Публикуется при поддержке гранта РФФИ №13-08-97171 «Исследования в области создания новых полимербетонов, каркасных фибробетонов, бетонов различного фракционного состава с биоцидными добавками для организации промышленного производства строительных изделий с повышенной долговечностью, биологической и климатической стойкостью на предприятиях Республики Мордовия».

изменение физико-механических свойств композиционных материалов является актуальной задачей.

Введение наполнителей в состав полимерного связующего, является одним из распространенных и эффективных способов модификации композитов. При этом экономится связующее, происходит повышение прочностных показателей и химической стойкости композиционных материалов [1, 2, 6]. В тоже время в научной литературе о влиянии наполнителей на биостойкость композитов имеется небольшое количество исследований.

При выполнении исследований образцы изготавливали на эпоксидной диановой смоле ЭД-20, которую отверждали полиэтиленполиамином (ПЭПА). Составы модифицировали разжижающей добавкой (бензин марки Аи-92) и наполнителями: молотым шлаком крупностью менее 0,315 мм (отход производства Новолипецкого металлургического комбината), портландцементом марки ЦЕМ I 42,5Б (ОАО «Мордовцемент») и мелом Атемарского месторождения (Республика Мордовия). Составы твердели 1 сутки в формах, после чего образцы размером 1x1x3 см распалубливали и отверждали в термошкафу при 80 °С в течение 8 ч. Составы исследуемых модифицированных эпоксидных композиций приведены в таблице.

Таблица 1 - Составы модифицированных эпоксидных композиций

№ состава	Содержание модификаторов на 100 мас.ч. смолы ЭД-20*	
	Разжижитель (бензин Аи-92), мас.ч.	Наполнитель (портландцемент, мел, шлак) , мас.ч.
1	5	0
2	7,5	0
3	10	0
4	5	65
5	7,5	65
6	10	65
7	5	130
8	7,5	130
9	10	130

* Примечание. Содержание ПЭПА 10 мас.ч. на 100 мас.ч. вяжущего

Исследование стойкости эпоксидных композитов в продуктах метаболизма мицелиальных грибов осуществляли на модельной среде следующего состава: 1,5 %-й раствор перекиси водорода, смешанный с 5 %-м раствором лимонной кислоты. Время экспонирования композитов в агрессивной модельной биологической среде составляло 180 суток.

Изменение прочности при сжатии композитов под влиянием агрессивной биологической среды определяли по коэффициенту биостойкости K_b , который находили по формуле:

$$K_b = R_i/R_o,$$

где R_i и R_o - соответственно предел прочности образца на сжатие до погружения и после выдерживания в агрессивной среде в течение времени (.

Изменение массосодержания образцов m , под воздействием агрессивной среды определялось по формуле:

$$m_i = ((Q_t - Q_0)/Q_0) 100\% ,$$

где Q_0 и Q_t – масса сухого образца до и после выдерживания в биологической агрессивной среде в течение времени t .

На графиках, показанных на рис. 1 и 2, приведены результаты исследования изменения массосодержания образцов и коэффициента биологической стойкости модифицированных эпоксидных композитов, экспонированных в агрессивной среде, моделирующей продукты метаболизма мицелиальных грибов, в зависимости от количественного содержания добавки разжижителя (бензин марки Аи-92) и вида введенного наполнителя (портландцемент, шлак и мел)

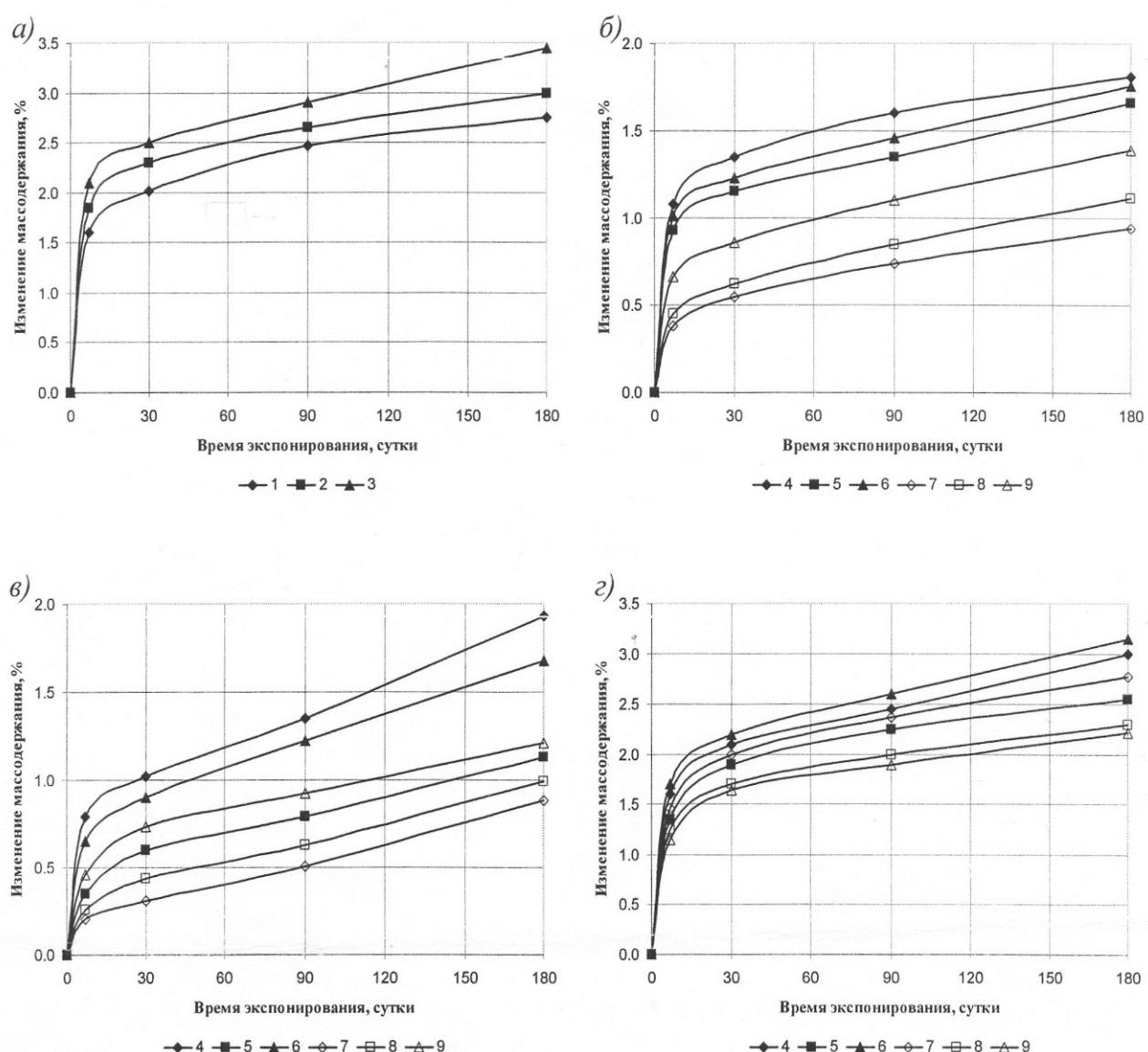


Рисунок 1 – Изменение массосодержания эпоксидных композитов, выдержаных в модельной среде продуктов метаболизма мицелиальных грибов, в зависимости от количественного содержания разжижителя и наполнителя: а – без наполнителя, б – наполнитель – портландцемент, в – шлак, г – мел

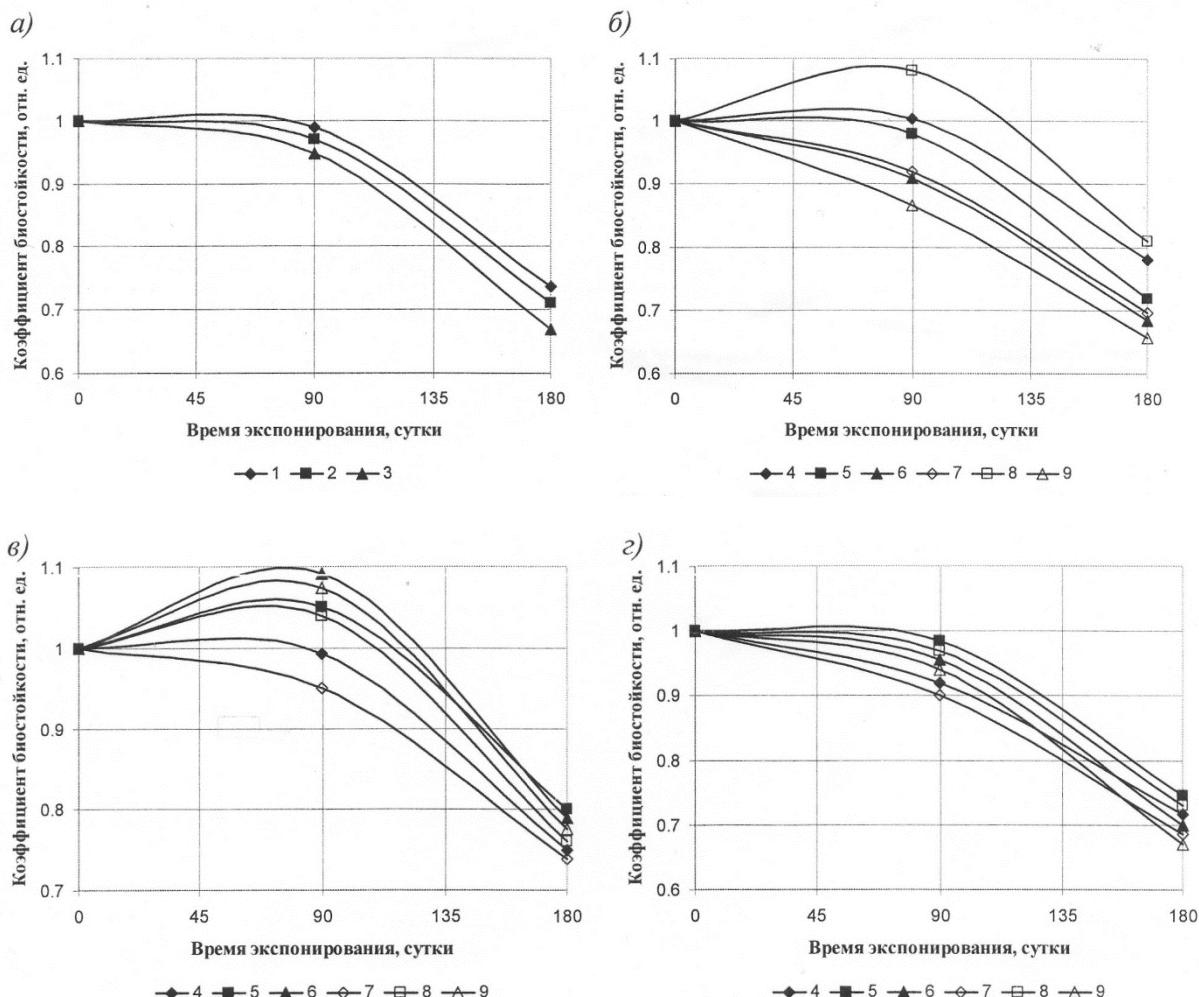


Рисунок 2 - Изменение коэффициента биостойкости на прочность при сжатии эпоксидных композитов, выдержанных в модельной среде продуктов метаболизма мицелиальных грибов, в зависимости от количественного содержания разжижителя и наполнителя: а - без наполнителя, б - наполнитель портландцемент, в - шлак, г - мел

По полученным результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. выдерживание образцов в стандартной модельной среде продуктов метаболизма мицелиальных грибов в течение 180 суток показывает, что максимальное увеличение массосодержания характерно для ненаполненных композитов при наибольшем количестве разжижителя; прирост массы ненаполненных образцов, при введении в их состав 5, 10 и 15 мас.ч. разжижителя (бензин марки Аи-92), составил соответственно 2,75 %, 3,0 % и 3,45 %.

2. изменение массосодержания при воздействии модельной среды мицелиальных грибов показывает, что при модификации композитов портландцементом, шлаком и мелом, максимальное увеличение массы композитов происходит, как правило, при наименьшем количестве наполнителя; так при введении 65 мас.ч. наполнителя прирост массы образцов, после 180 суток экспонирования в среде, составил 1,66... 1,81 %, 1,13... 1,93 % и 2,55...3,15 %, а при введении 130 мас.ч. - 0,94...1,39 %, 0,88...1,21 % и 2,22...2,77 % соответственно для составов наполненных портландцементом, шлаком и мелом;

3. значения коэффициента биостойкости, после 180 суток экспонирования в модельной среде продуктов метаболизма мицелиальных грибов, снизились для ненаполненных составов на 26...33 %, композитов наполненных 65 мас. ч. портландцемента, шлака и мела на 22...32 %,

20...25 % и 25...30 %, а при введении 130 мае. ч. - на 19...34 %, 22...26 % и 27...33 % соответственно;

4. качественная зависимость между повышением массосодержания и снижением коэффициента биостойкости и наоборот, проявилась только для ненаполненных эпоксидных композитов; в случае совместного введения наполнителя и разжижающей добавки данная зависимость существовала только в некоторых случаях, что свидетельствует о более сложных химических взаимодействиях между агрессивной биологической средой и эпоксидным наполненным композитом.

Полученные оптимальные составы модифицированных эпоксидных композитов с улучшенными показателями биологической стойкости, можно использовать в качестве наполненных клеевых и матричных композиций, используемых для изготовления из каркасных бетонов повышенной долговечности конструкций полов и дорожных покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобрышев, А.Н. Физика и синергетика дисперсно-неупорядоченных конденсированных композитных систем [Текст] / А.Н. Бобрышев, В.Т. Ерофеев, В.Н. Козомазов. - СПб.: Наука, 2012. - 476 с.
2. Ерофеев В.Т. Каркасные строительные композиты [Текст] : автореф. дис. ...д-ратехн. наук / В.Т. Ерофеев. - М., 1993. - 52 с.
3. Ерофеев, В.Т. Защита зданий и сооружений от микробиологических повреждений биоцидными препаратами на основе гуанидина [Текст] / В.Т. Ерофеев, П.Г. Комохов, В.Ф. Смирнов [и др.] ; под общей редакцией академика РААСН П.Г. Комохова, чл.-корр. РААСН В.Т. Ерофеева, д-ра мед. наук профессора Г.Е. Афиногенова. - СПб. : Наука, 2009. - 192 с.
4. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник: В 2 т. Т. 2 [Текст] / Под ред. А.А. Герасименко. - М.: Машиностроение, 1987. - 784 с.
5. Ерофеев, В.Т. Фурфуrolацетоновые композиты каркасной структуры : монография [Текст] / В.Т. Ерофеев, Д.А. Твердохлебов, К.В. Тармосин [и др.] ; под общ. ред. чл.-корр. РААСН В.Т. Ерофеева. - Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2008. - 220 с.
6. Манин. В.Н. Физико-химическая стойкость полимерных материалов в условиях эксплуатации [Текст] / В.Н. Манин, А.Н. Громов. - JL: Химия, 1980. - 248 с.
7. Ерофеев, В.Т. Микробиологическое разрушение материалов. Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 270100 «Строительство» [Текст] / В.Т. Ерофеев, В.Ф. Смирнов, Е.А. Морозов [и др.] ; под общ. В.Т. Ерофеева и В.Ф. Смирнова. - М.: АСВ, 2008. - 128 с.
8. Иванов, Ф.М. Биоповреждения в строительстве [Текст] / Ф.М. Иванов, С.Н. Горшин, Дж. Уэйт [и др.], Под ред. Ф.М. Иванова, С.Н. Горшина. М.: Стройиздат, 1984. - 320 с.

Леснов Виталий Викторович

Мордовский государственный университет, г. Саранск

Кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов и технологий

E-mail: vvl377mgu@rambler.ru

Ерофеев Владимир Трофимович

Мордовский государственный университет, г. Саранск

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой строительных материалов и технологий

E-mail: bogatovad@mail.ru

Салимов Руслан Наилевич

Мордовский государственный университет, г. Саранск

Кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов и технологий

E-mail: salimov5555@vandex.ru

Смирнов Василий Филиппович

Нижегородский государственный университет, г. Нижний Новгород

Доктор биологических наук, профессор, зав. отделом БИ НИИ химии ННГУ

E-mail: biodeg@mail.ru

THE STUDY OF RESISTANCE OF MODIFIED EPOXY COMPOSITES USED FOR CARCASS CONCRETE, IN THE MODELLING MEDIA OF THE PRODUCTS OF METABOLISM OF FILAMENTOUS FUNGI

This article studies the biological resistance of epoxy composites modified with fillers and thinning additive. The investigated composition were kept in the model environment the products of metabolism of filamentous fungi. The compositions of epoxy composites with improved biological resistance, suitable for forming a carcass concrete increased durability are resulted

Keywords: carcass concrete; modified epoxy composites; fillers; model biological environment; the coefficient of biological resistance; change the contents of the mass.

BIBLIOGRAPHY

1. Bobryshev, A.N. Fizika 1 smergetika dispersno-neuporyadochennykh kondensirovannykh kompozitnykh sistem [Tekst] / A.N. Bobryshev, V.T. Erofeev, V.N. Kozomazov. - SPb.: Nauka, 2012. - 476 s.
2. Erofeev V.T. Karkasnye stroitel'nye kompozity : avtoref. dis. ...d-ratechn. nauk [Tekst] / V.T. Erofeev. - M., 1993. - 52 s.
3. Erofeev, V.T. Zaschita zdaniy i sooruzheniy ot rnikrobiologicheskikh povrezhdemykh biozidnymi preparatami na osnove guanidnia [Tekst] / V.T. Erofeev, P.G. Komochov, V.F. Smirnov [i dr.] ; pod obschey redakciey akadernika RAASN P.G. Komochova, chl.- kor. RAASN V.T. Erofeeva, d-ra med. nauk professoora G.E. Afinogenova. - SPb.: Nauka, 2009. - 192 s.
4. Zaschita ot korrozii, stareniya i biopovrezhdeniy mashin, oborudovaniya i sooruzheniy: Spravochnik: V 2 t. T. 2 [Tekst] / Pod red. A.A. Gerasimenko. - M.: Mashinostroenie, 1987.-784 s.
5. Erofeev, V.T. Furfurolazetonovye kompozity karkasnoy struktury : monografiya [Tekst] / V.T. Erofeev, D.A. Tverdochlebov, K.V. Tarmosin [i dr.] ; pod obsch. red. chi.-kor. RAASN V.T. Erofeeva. - Saransk : Izd-vo Mordov. un-ta, 2008. - 220 s.
6. Manin, V.N. Fiziko-chirmcheskaya stoykost' polimernykh materialov v usloviyach ekspluatazii [Tekst] / V.N. Manin, A.N. Groniov. - L.: Chimiya, 1980. - 248 s.
7. Erofeev, V.T. Mikrobiologicheskoe razrushenie materialov. Uchebnoe posobie dlya studentov, obuchayuschichsyu po napravleniyu 270100 «Stroitelstvo» [Tekst] / V.T. Erofeev, V.F. Smirnov, E.A. Morozov [i dr.] ; pod obsch. V.T. Erofeeva i V.F. Smirnova. -M.: ASV, 2008,- 128 s.
8. Ivanov, F.M. Biopovrezhdeniya v stroitelstve [Tekst] / F.M. Ivanov, S.N. Gorshin, J. Wate [i dr.], Pod red. F.M. Ivanova, S.N. Gorshina. - M.: Stroyizdat, 1984. - 320 s.

V. Lesnov

Mordovian State University, Saransk

Candidate of technical sciences, senior lectures of the department «Building materials and technologies» Ph.: +7 (8342) 47-33-75 E-mail: vvl377mgu@rambler.ru

V. Erofeev

Mordovian State University, Saransk

Doctor of technical sciences, professor, head of the department
«Building materials and technologies» Ph.: +7 (8342) 48-25-64 E-mail: bogato_vad@mail.ru

R. Salimov

Mordovian State University, Saransk

Candidate of technical sciences, senior lectures of the department «Building materials and technologies» Ph.: +7 (8342) 47-33-75 E-mail: salimov5555@vandex.ru

V. Smirnov

Nizhny Novgorod State University, Nizhny Novgorod

Doctor of biological sciences, professor, head of the department BR SRI NNGU
E-mail: biodeg@mail.ru

ЛЮБОМИРСКИЙ Н.В., БАХТИН А.С., ШУЛЯК Е.Ю.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ГАЗОКАРБОНАТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ТВЕРДЕНИЯ

Установлено, что условия твердения газокарбоната оказывают влияние на процесс набора прочности, и как следствие, на окончательные механические свойства готового материала. Определено, что для обеспечения максимальной прочности материала оптимальной является двухстадийная обработка газокарбонатного массива, которая включает последовательное пропаривание и карбонизацию. При данной обработке материал на 7-ые сутки приобретает 96,4% прочности в возрасте 28 суток, что значительно может сократить период выдержки и складирования газокарбонатных изделий, необходимый для достижения ими конечных физико-механических свойств.

Ключевые слова: газокарбонат; прочность; известково-цементное вяжущее; пропаривание; карбонизация.

Постановка проблемы

В современном индустриальном строительстве ощущается огромная потребность в легких строительных теплоизоляционных материалах с повышенными эксплуатационными свойствами. При этом необходимо придерживаться политики сбережения ресурсов. В данных условиях актуальной становится задача разработки и внедрения экономичных материалов и ресурсосберегающих технологий путем создания новых нетрадиционных направлений получения строительных композитов. Одним из вариантов решения данного вопроса является производство газокарбоната – газобетона на основе известково-цементного вяжущего и вторично-го известнякового сырья, совмещающего в себе технологию газобетона в части формирования ячеистой структуры, но твердение которого осуществляется за счет пропаривания и принудительной карбонизации [1].

Анализ достижений и публикаций

При любой технологии важным условием получения высококачественного газобетона является не только формирование правильной макроструктуры, которая определяет высокие теплоизоляционные способности материала, но и достижение максимально возможных значений прочности межпорового материала. Именно прочный бездефектный каркас в виде твердой пены обеспечивает несущую способность пористого материала и увеличивает его способность воспринимать всякого рода нагрузки [2].

Отличительной особенностью газокарбоната является то, что процесс твердения материала осуществляется за счет карбонизации образцов. Многочисленные исследования доказывают возможность известкового вяжущего твердеть и набирать прочность в результате воздействия углекислого газа при определенных условиях [3,4,5]. В то же время, наличие в системе доли цементного вяжущего требует от исследователей учитывать возможное негативное влияние карбонизации на процесс твердения газокарбоната. Согласно общепринятым теоретическим взглядам, твердение цементного камня в среде углекислого газа приводит к карбонизационной коррозии и усадочным деформациям материала в следствии взаимодействия углекислоты с продуктами гидратации портландцемента и минералами цементного камня [6,7].

Исследовательская часть

Целью настоящей статьи является установление возможности повышения прочности газобетона на основе известково-цементного вяжущего и известняковом заполнителе путем использования для его твердения принудительной карбонизации, т.е. выдерживания в газо-воздушной среде с повышенным содержанием CO_2 .

Для проведения исследований изготавливались образцы-кубы размером $100 \times 100 \times 100$ мм из газобетона плотностью $500 \text{ кг}/\text{м}^3$ на основе известково-цементного вяжущего и мелко-дисперсного мраморовидного известняка. Содержание вяжущего в сырьевой смеси изменялось от 40 до 60 % по массе. Соотношение извести и цемента в составе вяжущего составляло 1:1. Вспучивание смеси производилось с помощью алюминиевой пудры ПАП-1. Отформованные образцы подвергались пропарке, карбонизации и двухстадийной обработке: пропарка + карбонизация. Тепловлажностная обработка проводилась в течении 8 часов при температуре 60°C . Карбонизация материала осуществлялась в условиях 30%-ой концентрации углекислого газа в течение 2 часов. Измерения показателей прочности осуществлялись непосредственно после обработки образцов одним из вышеуказанных способов и в возрасте 7, 14 и 28 сут. в сухом состоянии. Полученные результаты предела прочности на сжатие опытных образцов газокарбоната приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Изменение прочности газокарбоната в зависимости от режима и времени твердения

Режим твердения	Кол-во вяж-го, %	Прочность газокарбоната на сжатие, kgs/cm^2			
		После принудительной обработки	Время твердения, сут.		
			7	14	28
пропарка	40	3,1	3,6	4,0	4,2
	50	3,9	4,8	5,3	5,6
	60	3,7	4,5	5,0	5,3
карбонизация	40	4,1	4,6	4,8	4,9
	50	4,9	5,7	6,2	6,3
	60	4,7	5,3	5,8	6,1
пропарка + карбонизация	40	7,3	7,9	8,1	8,2
	50	10,0	10,7	11,0	11,1
	60	9,2	9,6	9,9	10,1

Опытные данные таблицы 1 свидетельствуют, что прочность газобетонных опытных образцов зависит как от режима твердения, так и от количества вяжущего в составе сырьевой смеси. Причем наибольшая прочность образцов достигается при содержании вяжущего 50% мас. Так, вполне очевидно, что вяжущего в количестве 40% мас. недостаточно для обеспечения необходимой прочности пористого каркаса газокарбоната, а увеличение количества вяжущего до 60% и, соответственно, снижение количества наполнителя до 40% мас. приводит к проявлению усадочных деформаций в процессе твердения смеси, негативно влияющих на несущую способность межпоровых перегородок.

В связи с этим анализ влияния режимов и времени твердения на изменение прочности газокарбоната проводили на образцах с содержанием вяжущего 50% мас. На рисунке 1 представлена диаграмма, показывающая прирост прочности образцов газобетона, твердевших при различных режимах, на 7, 14 и 28 сут твердения в нормальных воздушно-сухих условиях, относительно прочности, полученной непосредственно при послеформовочной обработке.

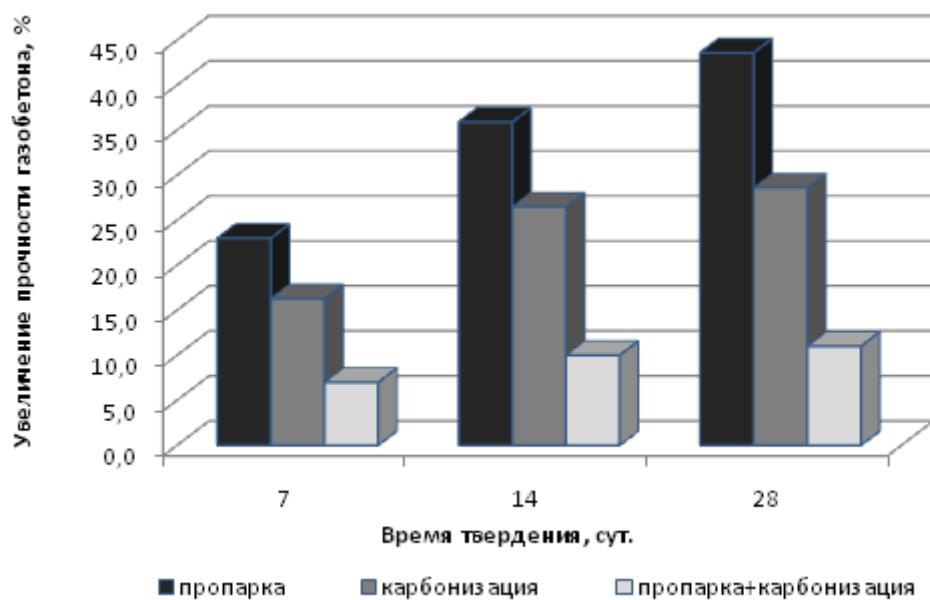


Рисунок 1 - Динамика набора прочности газокарбоната в зависимости от вида послеформовочной обработки

Данные, представленные на рисунке 1, показывают, что при тепловлажностной обработке газобетонных образцов процесс твердения материала продолжается в течении 28 сут., и разница между значениями прочности после пропаривания и в возрасте 28 сут. составляет 42%. Следует отметить, что данная динамика набора прочности возможна только при обеспечении необходимых благоприятных условий для гидратации клинкерных минералов на протяжении всего периода твердения.

У газобетонных образцов, выдержаных в газо-воздушной среде с повышенным содержанием СО₂, рост прочности в течении 28 сут не столь активный по сравнению с пропаренными образцами. Разница между показателями прочности непосредственно после карбонизации и в возрасте 28 сут. составляет 26%. При этом, карбонизированные образцы прочнее пропаренных образцов на 12% (см. таблица 1).

В результате комбинированного режима твердения, включающего пропаривание и последующую карбонизацию, образцы газобетона набирают уже на первые сутки порядка 90% прочности от получаемой прочности на 28 сут твердения. В целом, на 28 сут твердения значения прочности на сжатие последовательно пропаренных и прокарбонизированных образцов превышают значения прочности только карбонизированных образцов на 76%, а пропаренных образцов - на 98 %.

Обоснование полученных результатов

Таким образом, экспериментальные данные свидетельствуют о том, что оптимальным режимом твердения газобетонных образцов на известково-цементном вяжущем является пропаривание с последующей карбонизацией. С определенной степенью вероятности, можно предположить, что при применении такой последовательности послеформовочной обработки газобетонного массива обеспечиваются условия для появления максимального количества кристаллических новообразований в теле газобетона, обеспечивающих его прочность. Данное явление обусловлено природой процесса гидратации цемента и влиянием карбонизации на этот процесс. В начальный период времени при пропаривании газобетонного массива с ограниченным доступом СО₂ происходит гидратация основных клинкерных минералов (алита, белита, алюминатных и алюмоферритных минералов) с образованием гидросиликатов, гидро-

алюминатов и гидроферритов кальция. При гидратации алита и белита образуются тобермитоподобные гидросиликаты кальция и гидроксид кальция, который, в свою очередь, обеспечивает щелочную среду и условия для гидратации алюминатных и алюмоферритных минералов, образующих твердые растворы, кристаллизующихся с течением времени [8]. В дальнейшем в систему вводится избыточное количество углекислого газа путем помещения пропаренных газобетонных образцов в карбонизационную камеру для связывания свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с образованием кальцита (CaCO_3), что способствует уплотнению и упрочнению межпоровых перегородок газобетона.

За счет повышения плотности межпорового материала уменьшается вероятность развития карбонизационной коррозии, возрастает прочность гидросиликатов кальция, образующихся при дальнейшей гидратации белита, так как именно эти новообразования больше всего подвержены разрушению при длительном воздействии на них углекислого газа [9].

Принудительная карбонизация опытных образцов непосредственно после формования значительно снижает конечную прочность газобетона. Это обусловлено тем, что преждевременное связывание гидроксида кальция и удаление части воды из системы препятствует нормальному протеканию процессов гидратации клинкерных минералов и образованию новых элементов, обеспечивающих прочность материала [10]. Так прочность на сжатие газобетонных образцов, карбонизированных сразу после формования, не превышает значения 6,6 кгс/см².

Образцы газокарбоната, твердеющие в режиме пропаривания также не обладают высокими показателями прочности на сжатие. Максимальное значение составляет 5,6 кгс/см². Это связано с тем, что количество вяжущего при данном виде послеформовочной обработки фактически снижается с 50% до 25%, так как схватывание и твердение газокарбоната осуществляется исключительно за счет вяжущих свойств цемента. Полученные гидросиликаты и гидроалюминаты кальция не способны обеспечить прочность, необходимую для дальнейшей нормальной эксплуатации газобетона. А гидроксид кальция, вводимый в систему, не участвует в процессе образования новых соединений, повышающих прочность материала.

Выводы

При анализе полученных экспериментальных данных было установлено, что условия твердения газокарбоната оказывают влияние на процесс набора прочности, и как следствие, на окончательные механические свойства готового материала. В данном конкретном случае, учитывая рецептурно-технологические особенности производства газокарбоната, оптимальной является двухстадийная обработка газокарбонатного массива, которая включает последовательное пропаривание и карбонизацию. При таких условиях прочность пористого материала плотностью 500 кг/м³ достигает значения 10,7 кгс/см² за 7 суток, что составляет 96,4% от прочности в возрасте 28 суток. Применение двухстадийной обработки позволяет говорить о сокращении периода складирования и выдержки, необходимого для достижения материалом своих конечных физико-механических свойств. Газокарбонат после тепловлажностной обработки или карбонизации показывает низкие значения прочности на сжатие (5,6-6,6 кгс/см²), что обусловлено неэффективным использованием применяемого в смеси вяжущего.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства Образования и Науки Российской Федерации в рамках выполнения базовой части государственного задания по теме: "Строительные биопозитивные композиты карбонизационного типа твердения на основе извести с повышенными деформативными и механическими характеристиками".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Любомирский, Н.В. Возможность получения ячеистого материала на основе карбонатного наполнителя и извести карбонизационного твердения [Текст] / Н.В. Любомирский, Е.Ю. Шуляк // Сб. научн. трудов. Актуальные проблемы архитектуры, строительства и энергосбережения. – Симферополь: НАПКС – 2011. – вып. 3. Ч. I – С. 322 – 325.

2. Баранов, А.Т. Влияние качества межпустотного материала и пористости структуры на долговечность ячеистого бетона [Текст] / А.Т. Баранов, К.И. Бахтияров // Строительные материалы, избранные статьи. - 1968 - С. 33 - 35.
3. Зацепин, К.С. Известковые карбонизированные строительные материалы [Текст] / Зацепин К.С. // Сборн. материалов Московского науч.-технич. совещания по жил.-гражд. строит., строит. материалам и проектно-изыскат. работам. - М: Московская правда. - 1952. - Т. 2. - С. 283-290.
4. Zalmanoff, N. Carbonation Of Lime Putties To Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // Rock Products. - 1956. - 1956. - August. - P. 182 - 186.
5. Любомирский, Н.В. Оптимизация влияния различных технологических факторов на процесс карбонизации известковых систем и получения на их основе искусственного карбонатного камня [Текст] / Н.В. Любомирский, Т.А. Локтионова, А.С. Бахтин // Моделирование в компьютерном материаловедении. Материалы к 47-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов - МОК'47. - Одесса: "Астропринт", 2008. - С. 126 - 128.
6. Козлова, В.К. Состав алюминатно-алюмоферритных фаз и их продукты гидратации в различных цементах и смешанных вяжущих: монография. Часть II: Продукты гидратации алюминатных фаз различных цементов и их участие в процессах коррозии бетонов [Текст] / В. К. Козлова, Ю. В. Карпова, А. В. Вольф; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2009. – 186 с.
7. Баженов, Ю.М. Технология бетона [Текст] / Ю.М. Баженов / учеб. пособие для технол. спец. строит. вузов. 2-е изд., перераб. - М.: Высш. шк., 1987. - 415 с.
8. Булатов, А.И. Тампонажные материалы: учеб. пособие для вузов [Текст] / А.И. Булатов, В.С. Данюшевский. - М.: Недра, 1987. - 280 с.
9. Семченко, С.В. Карбонизация продуктов гидратации различных типов цементов [Текст] / С.В. Семченко, С.И. Иващенко, А.А. Суворов / Материалы международной конференции "Долговечность и защита конструкций от коррозии". М.: НИИЖБ, 25-27 мая 1999.
10. Юдович, Б.Э. Основные закономерности гидратации и твердения портландцемента [Текст] / Б.Э. Юдович / Сб. материалов академических чтений "Развитие теории и технологий в области силикатных и гипсовых материалов", ч. 1. - М.: Мос.гос.строит. ун-т, 2000, С. 20 - 33.

Любомирский Николай Владимирович

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Доктор технических наук, профессор, директор департамента научно-исследовательской деятельности ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
E-mail: niklub.ua@gmail.com

Бахтин Александр Сергеевич

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных конструкций и строительных материалов
E-mail: aleserba@gmail.com

Шуляк Елена Юрьевна

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
Ассистент кафедры технологии строительных конструкций и строительных материалов
E-mail: Lesh29.04@mail.ru

N. LYUBOMIRSKIY, A. BAHTIN, E. SHULYAK

FORMATION OF A STRENGTH OF GAS-CARBONATES DEPENDING ON THE CONSOLIDATION CONDITIONS

It was found that the conditions of the curing of gasocarbonat have an impact on the process of the strength development, and as a consequence, the final mechanical properties of the finished material. It was determined that the two-stage processing of gasocarbonat array, which includes consistent steaming and carbonization, is optimal to order the maximum strength of the material. And this material has the strength on the 7th day in 96.4% of strength in 28 days, and this fact can significantly reduce exposure period and storing gasocarbonat's articles, required for reaching the final physical and mechanical properties.

Keywords: gasocarbonat; strength; lime-cement binder; steaming; carbonization.

BIBLIOGRAPHY

1. Lyubomirskiy, N.V. Vozmozhnost' polucheniya yacheistogo materiala na osnove karbonatnogo napolni-telya i izvesti karbonatsionnogo tverdeniya [Tekst] / N.V. Lyubomirskiy, Ye.YU. Shulyak // Sb. nauchn. trudov. Ak-tual'nyye problemy arkhitektury, stroitel'stva i energosberezeniya. – Simferopol': NAPKS – 2011. – vyp. 3. CH. I – S. 322 – 325.
2. Baranov, A.T. Vliyaniye kachestva mezhpustotnogo materiala i poristosti struktury na dolgovech-nost' yacheistogo betona [Tekst] / A.T. Baranov, K.I. Bakhtiyarov // Stroitel'nyye materialy, izbrannyye stat'i. - 1968 - S. 33 - 35.
3. Zatsepin, K.S. Izvestkovyye karbonizirovannyye stroitel'nyye materialy [Tekst] / Zatsepin K.S. // Sborn. materialov Moskovskogo nauch.-tekhnich. soveshchaniya po zhil.-grazhd. stroit., stroit. materialam i projekt-no-izyskat. rabotam.- M: Moskovskaya pravda. - 1952. - T. 2. - S. 283-290.
4. Zalmanoff, N. Carbonation Of Lime Putties To Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // Rock Products. - 1956. - 1956. - August. - P. 182 - 186.
5. Lyubomirskiy, N.V. Optimizatsiya vliyaniya razlichnykh tekhnologicheskikh faktorov na protsess karbonatsii izvestkovykh sistem i polucheniya na ikh osnove iskusstvennogo karbonatnogo kamnya [Tekst] / N.V. Lyubomirskiy, T.A. Loktionova, A.S. Bakhtin // Modelirovaniye v komp'yuternom materialovedenii. Materialy k 47-mu mezhdunarodnomu seminaru po modelirovaniyu i optimizatsii kompozitov - MOK'47. - Odessa: "Astroprint", 2008. - S. 126 - 128.
6. Kozlova, V.K. Sostav alyuminatno-alyumoferritnykh faz i ikh produkty gidratatsii v razlichnykh tse-mentakh i smeshannykh vyzhushchikh: monografiya. Chast' II: Produkty gidratatsii alyuminatnykh faz razlichnykh tse-mentov i ikh uchastiye v protsessakh korrozii betonov [Tekst] / V. K. Kozlova, YU. V. Karpova, A. V. Vol'f; Alt. gos. tekhn. un-t im. I. I. Polzunova. – Barnaul, 2009. – 186 s.
7. Bazhenov, YU.M. Tekhnologiya betona [Tekst] / YU.M. Bazhenov / ucheb. posobiye dlya tekhnol. spets. stroit. vuzov. 2-ye izd., pererab. - M.: Vyssh. shk., 1987. - 415 s.
8. Bulatov, A.I. Tamponazhnyye materialy: ucheb. posobiye dlya vuzov [Tekst] / A.I. Bulatov, V.S. Danyushevskiy. - M: Nedra, 1987. - 280 s.
9. Semchenko, S.V. Karbonizatsiya produktov gidrotatsii razlichnykh tipov tsementov [Tekst] / S.V. Semchenko, S.I. Ivashchenko, A.A. Suvorov / Materialy mezhdunarodnoy konferentsii "Dolgovechnost' i zashchita konstruktsiy ot korrozii". M.: NIIZHB, 25-27 maya 1999.
10. Yudovich, B.E. Osnovnyye zakonomernosti gidratatsii i tverdeniya portlandsementa [Tekst] / B.E. Yudovich / Sb. materialov akademicheskikh chteniy "Razvitiye teorii i tekhnologiy v oblasti silikatnykh i gipso-vykh materialov", ch. 1. - M.: Mos.gos.stroit. un-t, 2000, S. 20 - 33.

N. Lyubomirskiy

Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol

Doctor of Technical Sciences, professor, director of the science-researching department
of Vernadsky Crimean Federal University

E-mail: niklub.ua@gmail.com

A. Bahtin

Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol

Candidate of Technical Sciences, associated professor of the department
of structure producing technologies and construction materials

E-mail: aleserba@gmail.com

E. Shulyak

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь

Assistant of the department of structure producing technologies and construction materials

E-mail: Lesha29.04@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ

Рассмотрен процесс управления системой теплоснабжения зданий и сооружений разделенной на независимые фасады, при зависимом присоединении к источнику тепла. Выявлены минусы применяемой в настоящее время схемы управления такими системами. Предложен оптимизированный вариант управления процессом теплоснабжения позволяющий повысить ресурсоэффективность системы, за счет изменения алгоритма работы и места установки исполнительных механизмов. Построена математическая модель предложенного процесса управления. На основе проведенного анализа процесса управления предложен оптимальный режим работы управляющих механизмов.

Ключевые слова: Управление, система теплоснабжения, математическая модель, ресурсосбережение, исполнительный механизм, система отопления.

В рамках реализации Государственной программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности на период до 2020 года разработанной в соответствии с Печерческим поручением Президента Российской Федерации по итогам расширенного заседания президиума Государственного совета Российской Федерации 2 июля 2009 г. Пр-1802ГС от 15 июля 2009 г., распоряжениями Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1663-р и от 25 декабря 2008 г. № 1996-р, направленной на повышение энергоэффективности экономики Российской Федерации и, как следствие, роста конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энергетической и экологической безопасности Российской Федерации снижение энергозатрат в различных производствах, стало весьма актуальной задачей [1-3].

Существуют различные варианты систем автоматического регулирования (САР) теплоснабжением зданий с зависимым присоединением к тепловым сетям. Среди них особый интерес вызывает система, состоящая из нескольких независимых подсистем для регулирования температурного режима в каждом из имеющихся фасадов системы отопления [4-6]. Однако подобная конструкция имеет ряд недостатков:

- малая эффективность применения САР в плане зданий О-типа (4 внешних и 4 внутренних фасада, попарно приходящихся на каждую сторону света) и протяженных зданий типа «башня». Здесь подразумеваются значительные затраты для приобретения необходимого оборудования (на каждый фасад устанавливаются дополнительные датчики температуры, контроллеры, регулирующие клапаны с исполнительными механизмами, циркуляционные насосы и др.)
- для зданий с относительно сложной планировкой авторегулирование обогрева фасадов затруднено ввиду невозможности учёта климатических факторов (воздействие ветра на фасады и влияние солнечного излучения, что приводит к значительному изменению температуры в соответствующих фасадных помещениях.)

Указанные недостатки для систем отопления (СО) с зависимым присоединением к тепловым сетям, позволяет устраниТЬ САР [7-9], осуществляющая пофасадное регулирование, исключая северный фасад. На рисунке 1 приведена соответствующая блок-схема, позволяющая управлять соотношением расходов теплоносителя по соответствующим ветвям.

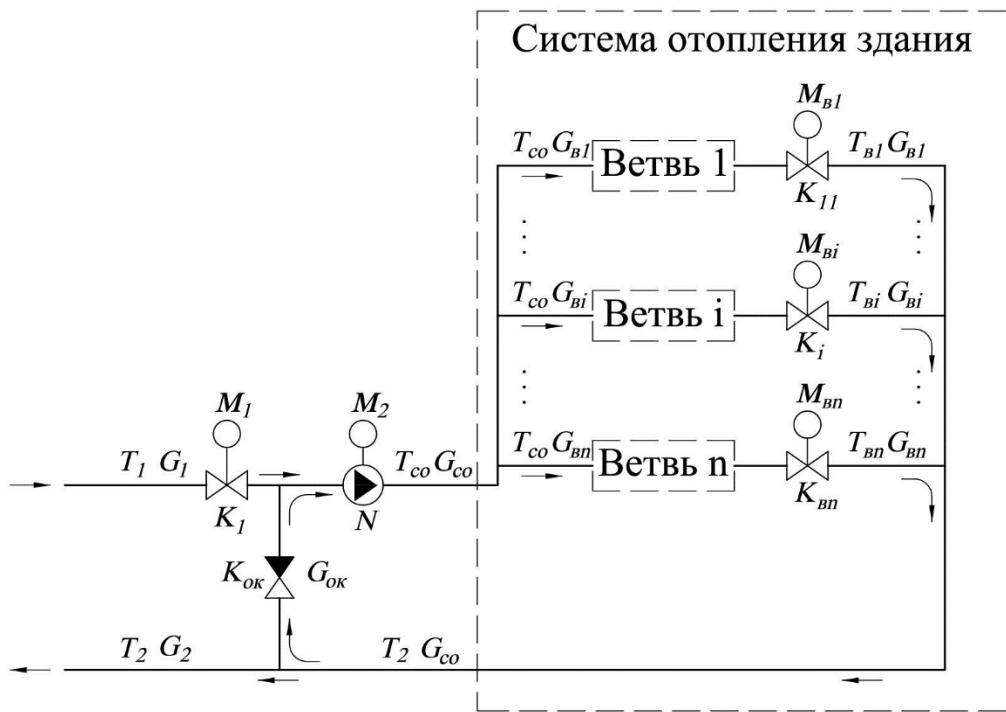


Рисунок 1 – Блок-схема СО с возможностью управления расходом теплоносителя по ветвям СО (n-количество ветвей системы отопления)

Математическая модель, соответствующая работе схемы на рис.1, представлена следующей системой:

$$\begin{cases} \dot{T}_{co}(t) = \frac{1}{G_{co}} G_1(t) T_1(t) + T_2(t) - \frac{1}{G_{co}} G_1(t) T_2(t), \\ G_{co} = \sum_{i=1}^n G_{bi}, \\ G_{co} T_2 = \sum_{i=1}^n G_{bi} T_{bi}; \end{cases} \quad (1)$$

где T_1, T_2, T_{bi}, T_{co} – соответственно температуры СО, входного и обратного трубопроводов, ветвей СО, $^{\circ}\text{C}$; G_1, G_2, G_{bi}, G_{co} – соответственно расходы теплоносителя из магистрального падающего, обратного трубопроводов и ветвей СО, $\text{м}^3/\text{час}$; t - время, час.

Первое соотношение системы (1) характеризует процесс смещивания теплоносителя из входного и обратного трубопроводов в предположении, что переходные процессы на участке смещивания протекают мгновенно. Второе уравнение дает баланс расходов по ветвям фасадов, третье- закон сохранения тепловой энергии в СО.

В момент изменения расхода теплоносителя G_{bi} в i -ой ветви соответственно изменяется весь набор управляющих параметров $G_{co} = [G_{b1}, G_{b2}, \dots, G_{bn}]$, что приводит соответственно к варьированию набора объекта управления $T_2 = [T_{b1}, T_{b2}, \dots, T_{bn}]$. Очевидно, что варьирование температуры обратного трубопровода T_2 и подмес сетевого теплоносителя с температурой T_1 приводит к изменению температуры T_{co} .

В схеме на рисунке 1 в качестве управляющих механизмов являются: питающий клапан K_1 и циркуляционный насос N с приводом на подающем трубопроводе и набор регулирующих клапанов K_{61}, \dots, K_{6n} в СО.

Данный метод имеет реальную перспективу применения на практике, но не позволяет выйти на оптимальный режим экономии тепловой энергии без дополнительных методов минимизации.

Выйти на оптимальный режим зависимого пофасадного теплоснабжения зданий и сооружений позволяет САР, изображенная на рисунке 2:

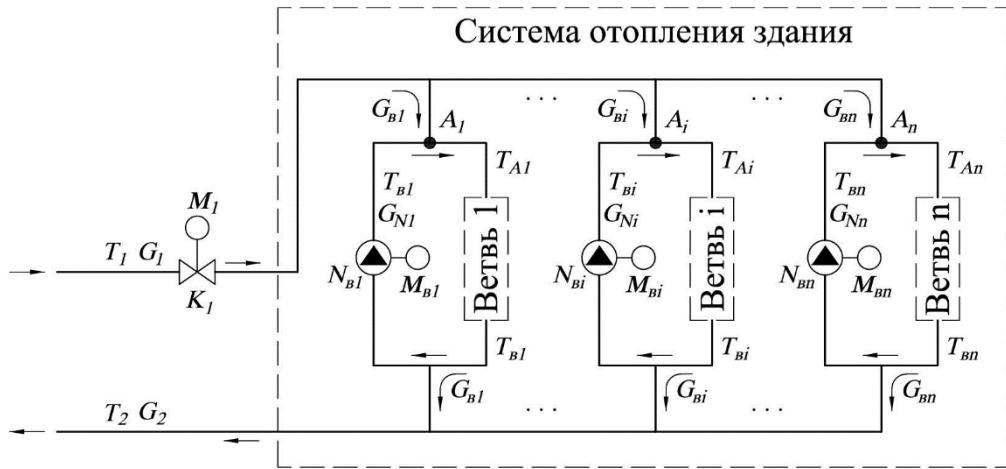


Рисунок 2 – Блок-схема СО с возможностью оптимального управления расходом теплоносителя по ветвям СО (n-количество ветвей СО (фасадов))

В схеме на рисунок 2 в качестве управляющих механизмов выбираются: питающий клапан K_1 и регулируемые смесительные насосы N_{61}, \dots, N_{6n} .

Для исследования вновь созданной схемы подходят уравнения, подобные уравнениям системы (1) с добавлением условия минимизации расхода теплоносителя, которое предложено в [4] для работы одного фасада. Рассмотрим формулу связи между расходами теплоносителя G_{Ni} и G_1 соответственно через насос N_{6i} i -го фасада и клапан K_1 подающего трубопровода, учитывая их пропорциональность тепловым потоком Q_{Ni} и Q_1 , выраженным соответственно в долях максимальной частоты вращения вала насоса M_{6i} и открытия M_1 клапана K_1 :

$$M_{6i} = \frac{a}{M_1} \cdot b, \quad (2)$$

где $a > 0$, $b > a$, $0 < M_1 < \frac{a}{b}$ – константы из уравнения теплового баланса [1], $0 < M_{6i} < 1$.

Формула (2) дает алгоритм управления электроприводами клапана K_1 и насоса N_{6i} , создавая оптимальный режим энергосбережения за счет минимизации целевой функции $F(M_1, M_{6i})$:

$$F(M_1, M_{6i}) = M_1 + M_{6i} = M_1 + \frac{a_i}{M_1} \cdot b_i \quad \text{min} \quad (3)$$

Исследование на локальный экстремум позволило получить минимальные значения упомянутых выше величин:

$$M_1 \min = \sqrt{a}, \quad M_{6i} \min = \sqrt{a} - b, \quad F \min(M_1, M_{6i}) = 2\sqrt{a} - b \quad (4)$$

Просуммируем значения целевых функций для всех фасадов:

$$\sum_{i=1}^n F_i(M_1, M_{6i}) = nM_1 + \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{M_1} - \sum_{i=1}^n b_i. \quad (5)$$

Введя обозначения $\sum_{i=1}^n F_i(M_1, M_{6i}) = \bar{F}(M_1, M_{6i})$, $\sum_{i=1}^n a_i = \bar{a}$, $\sum_{i=1}^n b_i = \bar{b}$, получим :

$$\bar{F}(M_1, M_{6i}) = nM_1 + \frac{\bar{a}}{M_1} - \bar{b}. \quad (6)$$

Учитывая, что $\bar{M}_{6i} = \sum_{i=1}^n M_{6i} = \frac{\bar{a}}{M_1} - \bar{b}$, может утверждать, что суммарная целевая функция $\bar{F}(M_1, M_{6i})$ является функцией только одной переменной M_1 , т.е. $\bar{F}(M_1, M_{6i}) = \bar{F}(M_1)$.

Исследуем выражение (6) на локальный минимум. Для этого продифференцируем функцию $\bar{F}(M_1)$:

$$\bar{F}'(M_1) = n - \frac{\bar{a}}{M_1^2}, \text{ тогда при } \bar{F}'(M_1) = 0 \text{ получим:}$$

$$\begin{aligned} \hat{M}_{61} &= -\sqrt{\frac{\bar{a}}{n}}, \\ \hat{M}_{62} &= \sqrt{\frac{\bar{a}}{n}}. \end{aligned} \quad (7)$$

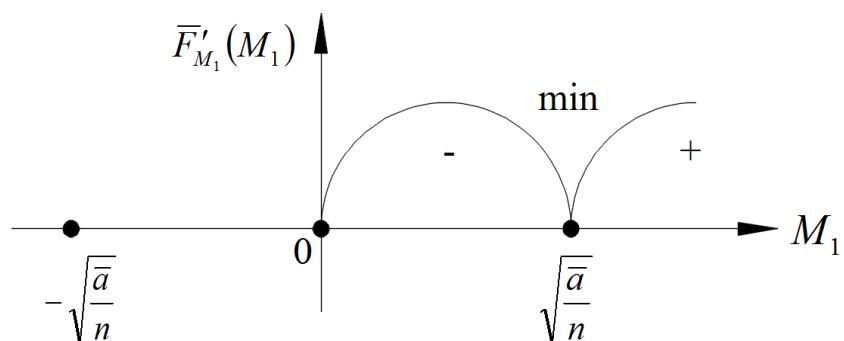


Рисунок 3 – График зависимости $\bar{F}(M_1)$ - M_1

Учитывая, что $\bar{M}_{6i} = \frac{\bar{a}}{M_1} - \bar{b} \geq 0$, то $0 < M_1 \leq \frac{\bar{b}}{\bar{a}}$, выберем второе значение M_{62} в (7) и

подставим в (6):

$$\bar{F}(M_1) \min = 2\sqrt{n\bar{a}} - \bar{b}. \quad (8)$$

Легко понять, что нижняя граница функции определяется неравенством $\bar{F}(M_1) \min > 0$, т.к. она представляет тепловую энергию, подаваемую на фасады здания (сооружения). Это соотношение приводит к ограничению:

$$\bar{a} > \frac{\bar{b}^2}{4n}. \quad (9)$$

Выводы:

1. Получена математическая модель пофасадного управления непрерывным процессом теплоснабжения для случая зависимого присоединения тепловой нагрузки к тепловым сетям.
2. Проведен анализ работы управляющих элементов и предложен оптимальный энергосберегающий режим работы САР.
3. Получены необходимые ограничения для функционирования САР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клюева, Н.В. Ресурсоэнергосберегающая конструктивная система жилых и общественных зданий с заданным уровнем конструктивной безопасности [Текст] / Н.В. Клюева, В.И. Колчунов, А.С. Бухтиярова. // Промышленное и гражданское строительство. – М.: Изд.-во ПГС, 2014. - № 2. – С.37-40.
2. Клюева, Н.В. К оценке теплотехнической однородности конструкции 1-образного несущего ригеля наружного стеклового ограждения здания со смешанной конструктивной системой [Текст] / Н.В. Клюева, А.В. Малахов, С.И. Горностаев // Строительство и реконструкция. – 2014. - №5 (55). – С. 23-28.
3. Ильичев, В.А. Предложения к проекту доктрины градоустройства и расселения (стратегического планирования городов –city –planning) [Текст] / В.А. Ильичев, А.М. Каримов, В.И. Колчунов, В.В. Алексашина, Н.В. Бакаева, С.А. Кобелева // Жилищное строительство: научно-технический журнал, 2012. - № 1. – С. 2-11.
4. Федоров, С.С. Управление системой отопления зданий с позиции ресурсосбережения [Текст] / С.С. Федоров, Д.Н. Тютюнов, Н.В. Клюева // Строительство и реконструкция. – 2013. - №5. – С. 36-40.
5. Патент РФ № 2485407, 20.06.2013 С.Г. Емельянов, Н.С. Кобелев, С.С. Федоров, Д.Н. Тютюнов, В.Н. Кобелев / Устройство для регулирования расхода тепла на отопление в системах теплоснабжения [Текст] // Патент России №2485407, 2013. Бюл. № 17.
6. Патент РФ № 2431781, 20.10.2011 С.Г. Емельянов, Н.С. Кобелев, С.С. Федоров, Т.В. Алябьева, В.Н. Кобелев / Устройство для регулирования температуры воздуха в помещении [Текст] // Патент России №2431781, 2011. Бюл. № 29.
7. Ливчак, В.И. Энергосбережение в системах централизованного теплоснабжения на новом этапе развития / В.И. Ливчак// Журнал «Энергосбережение».-2000.-№2.-С.4-9.
8. Ливчак, В.И. За оптимальное сочетание автоматизации регулирования подачи и учёта тепла / В.И. Ливчак// Журнал «АВОК».-1998.-№4.-С.44-51.
9. Костриков, С.В. Автоматизация процесса отопления зданий с применением теплообменников с учётом фасадного регулирования: дис.,....канд. техн. наук / С.В. Костриков. - Белгород, 2005.-146с.

Федоров Сергей Сергеевич

Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Преподаватель, кафедра теплогазоводоснабжение
E-mail: ssfedorov@list.ru

Клюева Наталья Витальевна

Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой промышленного и гражданского строительства
e-mail: klynavit@yandex.ru

Бакаева Наталья Владимировна

Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой экспертизы и управления недвижимостью, горного дела
E-mail: natbak@mail.ru

S. FEDOROV, N. KLYUEVA, N. BAKAEVA

OPTIZATION OF A HEAT SUPPLY MANAGEMENT SYSTEM

Management of the system of heat supply of buildings and constructions divided into independent facades at dependent accession to heat source is considered. Minuses of the scheme of management of such systems applied now are revealed. The optimized option of management of process of heat supply allowing to raise a resursoeffektivnost of system, due to change of algorithm of work and an installation site of executive mechanisms is offered. The mathematical model of the offered management process is constructed. On the basis of the carried-out analysis of management process the optimum operating mode of the operating mechanisms is offered.

Keywords: Management, system of heat supply, mathematical model, resource-saving, executive mechanism, system of heating.

BIBLIOGRAPHY

1. Klyuyeva, N.V. Resurso Energosberegayushchaya konstruktivnaya sistema zhilykh i obshchestvennykh zdaniy s zadannym urovnem konstruktivnoy bezopasnosti [Tekst] / N.V. Klyuyeva, V.I. Kolchunov, A.S. Bukhiyarova. // Pro-myshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. – M.: Izd.-vo PGS, 2014. – № 2. – S.37-40.
2. Klyuyeva, N.V. K otsenke teplotekhnicheskoy odnorodnosti konstruktsii 1-obraznogo nesushchego rigelya naruzhnogo stenovogo ograzhdeniya zdaniya so smeshannoy konstruktivnoy sistemoy [Tekst] / N.V. Klyuyeva, A.V. Makhov, S.I. Gornostayev // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2014. - №5 (55). – S. 23-28.
3. Il'ichev V.A. Predlozheniya k proyektu doktriny gradoustroystva i rasseleniya (strategicheskogo planirovaniya gorodov –city –planning) [Tekst] / V.A. Il'ichev, A.M. Karimov, V.I. Kolchunov, V.V. Aleksashina, N.V. Bakayeva, S.A. Kobeleva // Zhilishchnoye stroitel'stvo: nauchno-tehnicheskiy zhurnal, 2012. - № 1. – S. 2-11.
4. Fedorov, S.S. Upravleniye sistemoy otopleniya zdaniy s pozitsii resursoberezheniya [Tekst] / S.S. Fedorov, D.N. Tyutyunov, N.V. Klyuyeva // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya. – 2013. - №5. – S. 36-40.
5. Patent RF № 2485407, 20.06.2013 S.G. Yemel'yanov, N.S. Kobelev, S.S. Fedorov, D.N. Tyutyunov, V.N. Kobelev / Ustroystvo dlya regulirovaniya raskhoda tepla na otopleniye v sistemakh teplosnabzheniya [Tekst] // Patent Rossii №2485407, 2013. Byul. № 17.
6. Patent RF № 2431781, 20.10.2011 S.G. Yemel'yanov, N.S. Kobelev, S.S. Fedorov, T.V. Alyab'yeva, V.N. Kobelev / Ustroystvo dlya regulirovaniya temperatury vozdukha v pomeshchenii [Tekst] // Patent Rossii №2431781, 2011. Byul. № 29.
7. Livchak, V.I. Energosberezhniye v sistemakh tsentralizovannogo teplosnabzheniya na novom etape razvitiya / V.I. Livchak// Zhurnal «Energosberezhniye». -2000.-№2.-S.4-9.
8. Livchak, V.I. Za optimal'noye sochetaniye avtomatizatsii regulirovaniya podachi i uchota tepla / V.I. Livchak// Zhurnal «AVOK». -1998.-№4.-S.44-51.
9. Kostrikov, S.V. Avtomatizatsiya protsessa otopleniya zdaniy s primeneniem teploobmennikov s ucho-tom fasadnogo regulirovaniya: dis.kand. tekhn. nauk / S.V. Kostrikov. - Belgorod, 2005.-146s.

S. Fedorov

South Western state university, Kursk
Lecturer of the department of heat and gas supply
E-mail: ssfedorov@list.ru

N. Klyuyeva

South Western state university, Kursk
Doctor technical sciences, professor, department chair of industrial and civil engineering
e-mail: klynavit@yandex.ru

N. Bakayeva

Southwest state university, Kursk
Doctor technical sciences, associate professor, department chair of examination and management of real estate, mining
E-mail: natbak@mail.ru

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СЕБЕСТОИМОСТИ МОНТАЖНО-ДЕМОНТАЖНОГО ПРОЦЕССА ПО ЗАМЕНЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПОКРЫТИЯ ПРОМЗДАНИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРТОЛЕТОВ

Обоснована целесообразность разработки современной методики оценки себестоимости летного часа для выбора рациональной области применения вертолетов на строительных работах. Уточнены составляющие затрат и в комплексе предложены модели их расчета, предполагающие возможность сравнения вариантов и выбора рациональной технологии и организации работ по критерию себестоимости монтажно-демонтажного процесса реконструкционных работ по замене трудно доступных элементов покрытий промышленных зданий.

Ключевые слова: реконструкция, замена плит покрытия, вертолет, себестоимость, составляющие.

Постановка проблемы. Большие стоимостные затраты на доставку и монтаж строительных конструкций вертолетами, по сравнению с другими видами транспорта, связано с большими эксплуатационными затратами, обычно объясняющимися высокой стоимостью летного часа арендного вертолета. На затраты его летного времени оказывает большое влияние организация строительно-монтажных работ и продолжительность их выполнения. Поэтому объективная оценка себестоимости летного часа для выбора рациональной области применения вертолетов на монтажно-демонтажных работах по замене элементов покрытия промзданий, прежде всего, в практически недоступных и трудно доступных для другой техники местах имеет важное научно-прикладное значение.

Анализ достижений и публикаций. Проблемы повышения эффективности производства монтажно-демонтажных работ в условиях реконструкции, в том числе, и с использованием вертолетов, отражены в таких фундаментальных работах, как справочник «Реконструкция промышленных предприятий» [8] под редакцией проф. В.Д. Топчия. Существенный вклад в разработку современных методов выполнения монтажно-демонтажных работ (МДР) с использованием вертолета внесли известные российские ученые, такие как Козловский В.Б., Паршенцев С.А., Ефимов В.В. [3]. Работы этих специалистов направлены на поиск новых конструктивных решений по созданию технических средств и технологий для проведения работ с использованием вертолетов. Вопросы экономической оценки применения вертолетов, возможность снижения затрат по их эксплуатации рассмотрены в работах Тищенко М.Н. [10], Косиченко Е.Ф. [4], Проскурина В.Д. [9], Гасленко Р.В. [2], Степановой Н.И. [11], Костроминой Е.В. [5].

Однако в выше перечисленных работах практически не рассматриваются вопросы определения области эффективного применения вертолетов на строительно-монтажных работах. Ранее нами было показано, что для сокращения производственного цикла по замене плит покрытия, следует сократить время перелетов между рабочими площадками путем сокращения расстояния между ними или их объединением [1, 12]. Там впервые проведено сравнение предложенных временных моделей продолжительности выполнения МДР при различных условиях расположения грузовой, складской и посадочной площадок, при этом предполагается, что посадочная площадка оборудована средствами заправки в обоих случаях. Однако организация перечисленных площадок и складов сопряжена с определенными дополнительными

затратами, а поэтому эффективность их устройства можно оценить только по сумме всех составляющих себестоимости монтажно-демонтажного процесса. К сожалению, предоставляющие в аренду летную технику авиакомпании ссылаются на коммерческую тайну, не раскрывают структуру и формирование себестоимости летного часа. Так часто поступают и другие владельцы строительной техники.

Исследовательская часть. Но для другой техники разработаны и утверждены правила расчета договорной цены машино-часа ее применения на строительной площадке [6]. С учетом этих правил, а также специфики приобретения и эксплуатации вертолета, в нашей работе далее представлена методика оценки себестоимости монтажно-демонтажного процесса по замене элементов покрытия промзданий для обоснования рациональной области применения вертолетов. Применение предложенной методики в комплексе с оптимизацией сроков и организации МДР позволит выбирать рациональный вариант технологии, а также область использования вертолетов, как альтернативу другим схемам механизации МДР по замене элементов покрытия.

Для чего при рассмотрении производственного цикла по замене элементов покрытия промзданий выделим три основные составляющие процесса: подготовительный, монтажно-демонтажный и заключительный. Для каждого из них следует определить взаимосвязь между продолжительностью и с соответствующими затратами.

Себестоимость выполнения МДР по замене конструкций покрытия с участием вертолета упрощенно можно представить следующим образом:

$$C_{\text{мдр}} = C_{\text{под}} + C_{\text{м-д}} + C_{\text{закл}},$$

где $C_{\text{под}}$ - затраты на подготовительный период; $C_{\text{м-д}}$ - затраты, связанные с рабочим циклом вертолета; $C_{\text{закл}}$ - затраты на заключительный период.

Затраты, которые относятся к подготовительному этапу состоят из:

$$C_{\text{под}} = C_{\text{вн}} + C_{\text{nc}} + C_{\text{осн}} + C_{\text{мс}} + C_{\text{техоб}} + C_{\text{тп.ср}} + C_{\text{тп.конст}} + C_{\text{под.з}} + C_{\text{раб}},$$

где $C_{\text{вн}}$ - стоимость материалов и эксплуатации механизмов для постройки временной вертолетной площадки и пункта заправки вертолета; C_{nc} - стоимость материалов и эксплуатации механизмов для устройства открытых площадок складирования; $C_{\text{осн}}$ - стоимость технологической специальной оснастки (траверсы, ловители, фиксаторы); $C_{\text{мс}}$ - расходы на эксплуатацию дополнительного мобильного монтажного средства (крана) включающие единовременные и текущие: затраты на топливо; доставку машин на строительную площадку; монтаж и демонтаж; $C_{\text{тех.об}}$ - расходы на эксплуатацию технологического оборудования включая: стоимость устройства и перестановку (технологической эстакады); $C_{\text{тп.ср}}$ - затраты на эксплуатацию транспортных площадок (мобильные и ж/д средства) включают: топливо; аренду, стоимость разгрузочно-погрузочных работ; $C_{\text{тп.кон}}$ - расходы на транспортировку конструкций с базисного склада на приобъектный и (или) промежуточный, включая стоимость самих конструкций; $C_{\text{под.з}}$ - стоимость работ подготовительного этапа при реконструкции элементов покрытия; $C_{\text{раб}}$ - заработка платы рабочих, занятых в подготовительный период, за исключением персонала, обслуживающего машины и вертолет.

Затраты, связанные с выполнением самого монтажно-демонтажного цикла можно представить так:

$$C_{\text{м-д}} = C_{\text{сум}} + C_{\text{раб.м}},$$

где $C_{\text{сум}}$ - суммарная стоимость эксплуатации вертолета; $C_{\text{раб.м}}$ - заработка платы рабочих, занятых на МДР с использованием вертолета.

Суммарная стоимость эксплуатации (аренды) вертолета $C_{\text{сум}}$ состоит из стоимости монтажных полетов и перелета вертолета от базы до точки прибытия (временная взлётно-

посадочная площадка в районе объекта реконструкции). Однако при заказе вертолета для выполнения МДР заказчик оплачивает работы не по себестоимости летного часа использования вертолета, а по определенной тарифной ставке, которая зависит от типа вертолета и вида выполняемых работ. Причем тариф на монтажные работы выше, чем тариф на перелет от базы приписки до объекта.

Стоимость аренды вертолета можно представить в виде формулы:

$$C_{cym} = T_{modr} \frac{t_u n}{60} + T_{nep} \frac{2Lk}{V_{рейс}},$$

где T_{modr} - тариф на монтажно-демонтажные работы; T_{nep} - тариф за перелет (за летный час); t_u - средняя продолжительность монтажно-демонтажного цикла, мин; n - число монтажных полетов; L - расстояние от базы приписки до объекта реконструкции; k - коэффициент не-прямолинейности трассы перелета; $V_{рейс}$ - рейсовая скорость перелетов, км/ч.

Тариф предусматривает прибыль авиаотряда и, следовательно, превышает себестоимость летного часа:

$$T_{л.ч} = C_{л.ч} + \Pi,$$

где $C_{л.ч}$ - себестоимость одного летного часа; Π - прибыль, которую хотел бы получить авиаотряд от использования вертолета.

Затраты на себестоимость летного часа вертолета складываются из прямых и косвенных эксплуатационных расходов (рис.1), приходящихся на один летный час, к которым относятся: амортизационные отчисления; расходы на техническое обслуживание; расходы на горюче-смазочные и другие расходуемые материалы; расходы на заработную плату экипажа с начислениями; расходы на страхование экипажа и вертолета; аэропортовые расходы; зарплата наземного персонала.



Рисунок 1 – Структура себестоимости летного часа вертолета

Согласно рисунку 1, величина себестоимости летного часа ($C_{л.ч.}$) эксплуатации вертолета зависит от типа вертолета, года освоения в эксплуатации, вида технологических операций (строительно-монтажные работы, сельскохозяйственные работы, патрулирование, перевозка грузов) и слагается из прямых и косвенных затрат:

$$C_{л.ч} = C_{прям} + C_{косв},$$

где $C_{прям}$ – прямые затраты, приходящиеся на один летный час; $C_{косв}$ – косвенные затраты, приходящиеся на один летный час.

Под прямыми расходами понимаются расходы на амортизационные отчисления, затраты на техническое обслуживание, зарплату летному экипажу с начислениями, расходы на топливо и смазки, прочие прямые расходы и их можно выразить в следующем виде:

$$C_{прям} = C_{am} + C_{mo} + C_{есм} + C_{lc} + C_{смрах} + C_{nn},$$

где C_{am} – затраты на амортизацию; C_{mc} – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт; C_{gsm} – затраты на горюче-смазочные материалы; C_{lc} – заработка летного состава с начислениями; C_{strakh} – страховые отчисления; C_{nn} – прочие прямые расходы.

Амортизационные расходы C_{am} составляют значительную часть всех расходов более (до 70% [4, 24 с.]) и состоят из затрат на реновацию и капитальный ремонт агрегатов вертолета

$$C_{am} = C_{pen} + C_{kan,p},$$

где $C_{рен}$ - затраты на реновацию, идущие на восстановление первоначальной стоимости; $C_{кап.р}$ - расходы на покрытие капитального ремонта агрегатов вертолета.

Амортизационные отчисления следует рассчитывать не только по планеру и двигателю, но и по основным агрегатам динамической системы вертолета (втулка несущего винта, лопасти несущего винта, главный редуктор) которые отличаются разными правилами учета.

Расходы на реновацию вертолета рассчитываются исходя из стоимости фюзеляжа в комплекте и динамической системы вертолета, норм амортизации на полное восстановление (реновацию) и годового производственного налета часов. В случае предлагаемого и нами дополнительного оборудования фюзеляжа дополнительной нижней кабиной оператора-монтажника, связанные с этим затраты должны быть включены в эту составляющую себестоимости. Следовательно, расходы на реновацию определяются по следующей формуле, руб./час.:

$$C_{pen} = \frac{H_{am}^\phi \times C_\phi}{T_{\mu\mu}^{e\phi}} + \text{a} \frac{H_{am}^{a\sigma} \times C_{a\sigma}^i \times n_{a\sigma}^i \times k_{c\kappa\ell}}{T_{\mu\mu}^{e\sigma}},$$

где i - индекс, соответствующий наименованию i -того агрегата вертолета; $H_{a.m.}^{\phi}$, $H_{a.m.}^{a\sigma}$ - годовая норма амортизации на полное восстановление планера, агрегатов динамической системы вертолета; C_{ϕ} - стоимость фюзеляжа в комплекте, тыс. руб.; $C_{a\sigma}^i$ - стоимость i -го агрегата динамической системы, тыс. руб.; $n_{a\sigma}^i$ - количество i -тых агрегатов на вертолете, шт.; $k_{скл}$ - коэффициент, учитывающий количество агрегатов на складе; $T_{л.ч.}^{200\delta}$ - годовой производственный налет часов, ч.

Отчисления на капитальный ремонт:

$$C_{kan.p} = \frac{\hat{e} N_{kp}^{\phi} \times C_{\phi}^{kp}}{\hat{e} T_{am}^{\phi}} + \hat{a} \frac{N_{kp}^{aei} \times C_{aei}^{kp} \times n_{ae}^i}{T_{am}^{aei}} (1 + 0,1 \times 2) \hat{u} \times a ,$$

где C_{ϕ}^{kp} , $C_{a\phi}^{kp}$ - стоимость капитальных ремонтов, соответственно, фюзеляжа и i -го агрегата динамической системы, тыс./руб.; N_{kp}^{ϕ} , $N_{kp}^{a\phi}$ - количество капитальных ремонтов, соответ-

ственno, фюзеляжа и i -го агрегата за его амортизационный срок; T_{am}^{ϕ} , N_{am}^{agi} - амортизационный срок службы фюзеляжа и i -того агрегата, час.; 0,1 - коэффициент, определяющий норму работы двигателей на земле; 0,2 - коэффициент, учитывающий снижение нормы расхода при работе двигателя на земле; α - коэффициент, учитывающий непроизводственный, т.е. вспомогательный, тренировочный и служебный налет часов.

Количество капитальных ремонтов фюзеляжа N_{kp}^{ϕ} и агрегатов N_{kp}^{agi} динамической системы вертолета, производимых за назначенный ресурс, определяется по формуле:

$$N_{kp}^{\phi} = \frac{T_{am}^{\phi}}{T_{mp}^{pl}} - 1 \quad \text{и} \quad N_{kp}^{agi} = \frac{T_{am}^{agi}}{T_{mp}^{agi}} - 1,$$

где T_{mp}^{pl} - межремонтный ресурс фюзеляжа, час.; T_{mp}^{agi} - межремонтный ресурс i -того агрегата, час.

Процедуры по техническому обслуживанию (ТО) регламентированы руководящей, нормативной, методической и эксплуатационной документацией [7]. Виды ТО, представляющие собой комплекс операций по поддержанию работоспособности и исправности вертолета при его применении, делятся на: оперативное, периодическое, сезонное, специальное, при хранении (рисунок 2). Основными из перечисленных видов являются оперативное и периодическое.



Рисунок 2 – Виды технического обслуживания для вертолета (схема)

Расходы по техническому и текущему ремонту C_{to} состоят из затрат на запчасти, материалы и зарплату технического состава, занятого непосредственно в обслуживании вертолета. Эти затраты непосредственно зависят от сроков службы самого вертолета и его агрегатов, а также от трудоемкости обслуживания.

Расходы по оперативному техническому обслуживанию (ОТО) вертолета по обеспечению вылета вертолета на один парный рейс определяются по формуле:

$$C_{oto} = T_{oto}^{\delta} \times S_{oto}^{\delta} + T_{oto}^h \times S_{oto}^h,$$

где S_{oto}^{δ} , S_{oto}^h - ставки за один нормо-час ОТО по обеспечению вылета вертолета с базы приписки и точки назначения (район объекта реконструкции), руб.; T_{oto}^{δ} , T_{oto}^h - трудоемкость ОТО вертолета на базе приписки и в точке назначения, норма-час.

Расходы по техническому обслуживанию периодической (ПТО) формы определяются как сумма затрат на заработную плату инженерно-авиационного состава C_{mo}^{3ni} и материальных затрат на ТО по вертолету C_{mo}^{mzi} , которые рассчитываются исходя из величин удельной трудоемкости ТО в расчете на летный час вертолета и ставок по ТО, по зарплате инженерно-авиационной службы (ИАС) и по материальным затратам:

$$C_{pto} = C_{mo}^{mzi} + C_{mo}^{3ni} = t_{mo}^i \times M_{mz}^i + t_{mo}^i \times M_{3n}^i,$$

где t_{mo}^i - трудоемкость ТО в расчете на летный час вертолета, чел.-ч/л.ч., M_{mz}^i , M_{3n}^i - ставки по ТО, соответственно зарплата ИАС и материальные затраты по вертолету, тыс.руб.

В связи с большим числом составляющих ТО вертолета укрупненно эти расходы можно определить по формуле [9]:

$$TO = 5,2 \times \frac{\alpha G_{\pi} \frac{\delta}{1000}^{0,845}}{\delta},$$

где α - стоимость одного чел-часа работ при техническом обслуживании вертолета, руб./чел-час; G_{π} - масса пустого вертолета, кг.

Расходы на горючее и смазочные материалы (ГСМ) определяются, исходя из стоимости авиационных ГСМ и часового расхода топлива применяемого вертолета. Расходы на горючее и смазочные материалы (рисунок 3) включают в себя: непроизводственный налет часов (тренировочные полеты перед выполнением МДР); издержки по расходу топлива, при работе двигателей на земле (запуск, прогрев, руление); затраты на смазочные материалы, в рублях на час.



Рисунок 3 – Расходы на авиатопливо для вертолета (схема)

Расходы на горючее и смазочные материалы (ГСМ) C_{gsm} , руб./час следует считать так:

$$C_{gsm} = \frac{G_m}{t_{\partial\delta}} \times (U_m^{\delta} + U_m^{\eta}) \times k_m \alpha,$$

где G_m - расход топлива на один рабочий вылет МДР, кг; $t_{\partial\delta}$ - время работы двигателей при выполнении рабочего вылета с учетом запуска, прогрева и руления, час.; U_m^{δ} , U_m^{η} - стоимость топлива с учетом стоимости на доставку в районе базы приписки и в точке назначения, руб./кг; k_m - коэффициент, учитывающий затраты на смазочные материалы (рекомендуется принимать 1,04); α - коэффициент, учитывающий непроизводственный налет часов.

Расходы по оплате труда летного состава C_{lc} , в расчете на летный час (рисунок 4), можно представить в виде суммы трёх составляющих оплаты – повременной, сдельной формы

оплаты труда и выплат по содержанию. Основными элементами являются: повременная оплата экипажа за месяц (должностные оклады), сдельная оплата за налет часов (часы за монтажные работы).



Рисунок 4 – Расходы по оплате труда летного состава (схема)

При расчете повременной заработной платы учитываются оклады членов экипажа, надбавки за класс, премии, доплаты за высокую профессиональную подготовку, за знание, выплаты по районному коэффициенту и северным надбавкам, вознаграждение за выслугу лет, отпускные и другие выплаты.

Дифференциация оплаты по сложности труда устанавливается в соответствии с тарифной сеткой коэффициентов, соответствующих разрядом по оплате труда летного состава. Тарифные коэффициенты устанавливаются для каждого члена экипажа в зависимости от класса вертолета, профессии и должности.

Повременная оплата труда летного состава $\text{а } ЗП_{новр}$ представляет собой сумму из окладов членов экипажа вертолета и надбавок:

$$\text{а } ЗП_{новр} = \text{а } O_{чл.эк}^i + \text{а } H_{лс}^i .$$

Заработка плата по всем членам экипажа $\text{а } O_{чл.эк}^i$, тыс. руб., рассчитывается от должностного оклада III класса

$$\text{а } O_{чл.эк}^i = ЗП_{\min} \times k_o \times k_{map}^i ,$$

где $ЗП_{\min}$ - минимальный размер оплаты труда РФ, руб.; k_o - отраслевой коэффициент; k_{map}^i - коэффициент тарифной сетки i -го разряда.

Следует выделить и учитывать основные надбавки по летному составу $\text{а } H_{лс}$ к должностному окладу:

- за класс квалификации: за I класс - 40%; за II класс - 20%, от оклада III класса;
- за допуск по минимуму: 1-я категория - 10%, 2-я категория - 20%, 3-я категория - 30%;
- за выслугу лет от 5 до 20%;
- премия до 30%.

$$\text{а } H_{лс}^i = \text{а } H_{кл}^i + \text{а } H_{к}^i + \text{а } H_{в}^i + \text{а } H_{премия}^i ,$$

где $\text{а } H_{кл}^i$ - надбавка за класс; $\text{а } H_{к}^i$ - надбавка за категорию; $\text{а } H_{в}^i$ - надбавка за выслугу лет; $\text{а } H_{премия}^i$ - месячная премия.

Все надбавки рассчитываются от оклада III класса для каждого члена экипажа

$$\text{а } H_{lc}^i = \text{а } O_{чл.эк}^i \times k_{kl}^i + \text{а } O_{чл.эк}^i \times k_k^i + \text{а } O_{чл.эк}^i \times k_b^i + \text{а } O_{чл.эк}^i \times k_{п}^i,$$

где $O_{чл.эк}^i$ - оклад i -го члена экипажа вертолета, тыс. руб.; k_{kl}^i - коэффициент надбавки за класс; k_k^i - коэффициент надбавки за категорию; k_b^i - коэффициент надбавки за выслугу лет; $k_{п}^i$ - коэффициент премиальной надбавки;

При определении сделной оплаты труда в расчет принимаются сделные расценки выполнения полетов, установленные самостоятельно авиакомпанией. Часовые ставки командирам ВС дифференцируют по типам ВС и в зависимости от сложности полетов. Остальным членам экипажей часовые ставки рассчитываются с учетом понижающих коэффициентов.

Сделная часть заработной платы летного состава рассчитывается по формуле:

$$\text{а } 3П_{30} = \text{а } O_{ч}^i \times N_{сан},$$

где $\text{а } O_{ч}^i$ - часовая ставка для i -го члена экипажа, тыс. руб.; $N_{сан}$ - санитарная норма налета, час.

Полный месячный фонд оплаты труда $\text{а } 3П_{мес}$, тыс. руб., с учетом доплат к заработной плате командно-летного состава определяется по формуле:

$$\text{а } 3П_{мес} = (\text{а } 3П_{новр} + \text{а } 3П_{30}) \times k_{допл},$$

где $k_{допл}$ - коэффициент доплат (в расчетах можно принять равным 1,4).

Расходы по оплате труда летного состава C_{lc} , тыс. руб., в расчете на летный час определяются делением месячного фонда оплаты труда этих работников на месячную санитарную норму налета экипажа вертолета.

$$C_{lc} = \frac{\text{а } 3П_{мес}}{N_{сан}^{мес}},$$

где $N_{сан}^{мес}$ - санитарная норма налета экипажа за месяц (можно принять 80 часов).

Расходы по страхованию $C_{страх}$ летного состава и вертолета можно рассчитать по формуле:

$$C_{страх} = C_{соц.н} + C_{страх}^{вс},$$

где $C_{соц.н}$ - отчисления на социальные нужды, тыс. руб.; $C_{страх}^{вс}$ - расходы на страхование вертолета, тыс. руб.;

Отчисления на социальные нужды $C_{соц.н}$ включают в себя отчисления на социальное и медицинское страхование и в пенсионный фонд и рассчитываются в соответствии с законодательством Российской Федерации, в процентах от заработной платы летного состава

$$C_{соц.н} = C_{lc} \times K_{отч},$$

где C_{lc} - заработная плата летного состава в рублях на летный час, руб./ч.; $K_{отч}$ - ставка страховых взносов, равная 34%.

Расходы на страхование вертолета $C_{страх}^{вс}$ определяются исходя из стоимости вертолета, годового процента страхования (1%) и годового налета часов

$$C_{страх}^{вс} = \frac{L_{вс} \times 0,01}{T_{л.ч.}^{год}},$$

где $L_{вс}$ - стоимость вертолета, тыс. руб.; $T_{л.ч.}^{год}$ - годовой налет часов, час.

Прочие прямые затраты авиапредприятия, составляющие 10% от суммы прямых затрат, направляются на оплату обучения и подготовки летного и технического состава, на возврат вертолета из рейса по техническим, метеорологическим и другим причинам, на внеплановые ремонтные работы и т.д. [9].

Таким образом, сумма прочих расходов C_{nn} , тыс. руб., на летный час будет исчисляться по формуле:

$$C_{nn} = C_{прям} \times 0,1,$$

где $C_{прям}$ - прямые производственные затраты авиакомпании в расчете на летный час, руб./ч.; 0,1 - уровень накладных расходов, равный 10%.

Косвенные расходы $C_{косв}$ руб./ч., связанны с функционированием авиапредприятия, эксплуатирующего вертолет и отнесенные на 1 летный час вычисляются по формуле [9]:

$$C_{косв} = 5,85 \times \frac{\alpha G_{п}}{\epsilon 1000 \phi}^{0,834},$$

где t - стоимость одного чел-часа работы, руб./чел-час; $G_{п}$ - масса пустого вертолета, кг.

Обоснование полученных результатов. Исходя из анализа представленной выше методики расчета стоимости машино-часа вертолета, а также выполненных ранее исследований продолжительности его использования на МДР, одним из резервов снижения себестоимости этого процесса является совершенствование его организации. Для этого следует сократить время МДР за счет планирования рациональной схемы движения вертолета по доставке конструкций между грузовой, складской и посадочной площадками. При этом схему движения между площадками следует организовать так, чтобы максимально сократить время непроизводственных полетов и простоев вертолета. Количественно возможные резервы снижения себестоимости МДР, а затем и область рационального использования вертолетной техники для этих работ, предполагается определить в наших дальнейших исследованиях.

Выводы

1. Обоснована целесообразность разработки уточненной методики оценки себестоимости летного часа для выбора рациональной области применения вертолетов для монтажно-демонтажного процесса по замене элементов покрытия промзданий.

2. Представленная комплексная уточненная методика оценки себестоимости летного часа включает в себя определение затрат на амортизационные отчисления, расходы на техническое обслуживание, горюче-смазочные материалы, заработную плату экипажа с начислениями, страхование экипажа и вертолета, а также косвенные расходы в современных условиях реконструкции и эксплуатации техники.

3. Пользуясь предложенной методикой в дальнейшем, мы предполагаем, получить относительно объективные данные по стоимости летного часа современной вертолетной техники, необходимые для рассмотрения и выбора рациональной области применения вертолетов при комплексной оценке себестоимости монтажно-демонтажного процесса по замене элементов покрытия промзданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакчина, О. Л. Временная модель производственного цикла монтажно-демонтажных работ при замене конструкций кровли вертолетом // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. - Симферополь: НАПКС, 2013.- Вып. 45. - С. 90-96.
2. Гасленко, Р.В. Экономика гражданской авиации. Учебное пособие.- М.: МГТУГА, 2003 г.
3. Козловский, В.Б. Вертолет с грузом на внешней подвеске [Текст] / В.Б. Козловский, С.А. Паршенцев, В.В. Ефимов. - Научное издание. – М.: Машиностроение / Машиностроение – Полет, 2008. – 304 с.

4. Косиченко, Е.Ф. Экономическая оценка применения вертолетов [Текст] / Е.Ф. Косиченко, Ю.В. Криволуцкий, Ю.С. Мостовой. – М.: Транспорт, 1977. – 72 с.
5. Костромина, Е.В. Экономика авиакомпаний в условиях рынка: науч. изд./Е.В. Костромина; д-р экон. наук, профессор Е.В. Костромина; НОУ «Высш. Коммер. Шк.» «Авиабизнес». -5-е изд., испр. и доп.- М.: НОУ ВКШ «Авиабизнес», 2005. - 344с.
6. Методические указания по разработке сметных норм и расценок на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств и их пересчету в текущий уровень цен. (СНиП-МДС 81-3.2002) /Госстрой России.- 109 с.
7. ОСТ 54 30054 – 88. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Регламент технического обслуживания самолета (вертолета) [Текст]. – М.: Стандартиздат, 1988. – 71 с.
8. Реконструкция промышленных предприятий. В 2т. Т2 / В.Д. Топчий, Р.А. Гребенник, В.Г. Клименко и др.; Под ред. В.Д. Топчия, Р.А. Гребенника. – М.: Стройиздат, 1990. – 623 с. – (Справочник строителя).
9. Проскурин, В.Д. Расчет параметров вертолета на этапе предварительного проектирования: учебное пособие / В.Д. Проскурин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2014. – 199 с.
10. Тищенко, М.Н. Вертолеты. Выбор параметров при проектировании [Текст] / М.Н. Тищенко, А.В. Некрасов, А.С. Радин. – М.: Машиностроение, 1976. – 368 с.
11. Экономика гражданской авиации: учебное пособие [Текст] /под ред. Н.И. Степановой. - М.: МГТУ ГА, 2014. – 130 с.
12. Шаленный, В.Т. Совершенствование организации замены конструкций покрытий промышленных зданий вертолетом путем вариантного проектирования процесса [Текст] / В.Т. Шаленный, О.Л. Балакчина // Инновации в строительстве глазами молодых специалистов: Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции (05-06 декабря 2014 года). –Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2014. – С. 335-339.

Шаленный Василий Тимофеевич

Крымский федеральный университет, г. Симферополь

Доктор технических наук, заведующий кафедрой «Технология и организация строительства»

E-mail: v_shalennyj@mail.ru

Балакчина Ольга Львовна

Крымский федеральный университет, г. Симферополь

Ассистент кафедры «Технология и организация строительства»

E-mail: grinyk-olga@rambler.ru

V. SHALENNIY, O. BALAKCHINA

**THE DEVELOPMENT OF THE ESTIMATION METHODICS
TO JUSTIFY RATIONAL APPLYING OF HELICOPTERS
FOR ASSEMBLY AND DISMANTLING PROCESSES TO REPLACE
ELEMENTS OF THE COVERING OF INDUSTRIAL BUILDINGS**

The expediency of the modern methods development of the estimated prime cost of a flight hour for a choice of the rational operational area of the helicopters in the construction work is justified. The elements of cost are specified and in the totality the models of their evaluation that involve the possibility of options and a choice comparison of a rational technology and organization of the work on the criterion of the prime cost of an assembling and dismantling process of reconstruction works of the replacement of a difficult for access roof elements of industrial buildings are suggested.

Keywords: reconstruction, replacement of roof slabs, helicopter, prime cost, elements.

BIBLIOGRAPHY

1. Balakchina, O. L. Vremennaya model' proizvodstvennogo tsikla montazhno-demontazhnykh rabot pri zamene konstruktsiy krovli vertolatom // Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'. Sb. nauch. trudov. - Simferopol': NAPKS, 2013.- Vyp. 45. - S. 90-96.

2. Gaslenko, R.V. Ekonomika grazhdanskoy aviatsii. Uchebnoye posobiye.- M.: MGTUGA, 2003 g.
3. Kozlovskiy, V.B. Vertolet s gruzom na vneshey podveske [Tekst] / V.B. Kozlovskiy, S.A. Parshentsev, V.V. Yefimov. - Nauchnoye izdaniye. – M.: Mashinostroyeniye / Mashinostroyeniye – Polet, 2008. – 304 s.
4. Kosichenko, Ye.F. Ekonomicheskaya otsenka primeneniya vertoletov [Tekst] / Ye.F. Kosichenko, YU.V. Krivolutskiy, YU.S. Mostovoy. – M.: Transport, 1977. – 72 s.
5. Kostromina, Ye.V. Ekonomika aviakompanii v usloviyakh rynka: nauch. izd./Ye.V. Kostromina; d-r ekon. nauk, professor Ye.V. Kostromina; NOU «Vyssh. Kommer. Shk.» «Aviabiznes». -5-ye izd., ispr. i dop.- M.: NOU VKSH «Aviabiznes», 2005. - 344s.
6. Metodicheskiye ukazaniya po razrabotke smetnykh norm i rastsenok na ekspluatatsiyu stroitel'nykh mashin i avtotransportnykh sredstv i ikh pereschetu v tekushchiy uroven' tsen. (SNiP-MDS 81-3.2002) /Gosstroy Rossii.- 109 s.
7. OST 54 30054 – 88. Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta aviationsionnoy tekhniki. Reglament tekhnicheskogo obsluzhivaniya samoleta (vertoleta) [Tekst]. – M.: Standartizdat, 1988. – 71 s.
8. Rekonstruktsiya promyshlennykh predpriyatiy. V 2t. T2 / V.D. Topchiy, R.A. Grebennik, V.G. Klimenko i dr.; Pod red. V.D. Topchiya, R.A. Grebennika. – M.: Stroyizdat, 1990. – 623 s. – (Spravochnik stroitelya).
9. Proskurin, V.D. Raschet parametrov vertoleta na etape predvaritel'nogo proyektirovaniya: uchebnoye posobiye / V.D. Proskurin; Orenburgskiy gos. un-t. – Orenburg: OGU, 2014. – 199 s.
10. Tishchenko, M.N. Vertolety. Vybor parametrov pri proyektirovani [Tekst] / M.N. Tishchenko, A.V. Nekrasov, A.S. Radin. – M.: Mashinostroyeniye, 1976. – 368 s.
11. Ekonomika grazhdanskoy aviatsii: uchebnoye posobiye [Tekst] /pod red. N.I. Stepanovoy. - M.: MGTU GA, 2014. – 130 s.
12. Shalennyy, V.T. Sovershenstvovaniye organizatsii zameny konstruktsiy pokrytiy promyshlennykh zdaniy vertoletom putem variantnogo proyektirovaniya protsessa [Tekst] / V.T. Shalennyy, O.L. Balakchina // Innovatsii v stroitel'stve glazami molodykh spetsialistov: Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii (05-06 dekabrya 2014 goda). –Kursk: Yugo-Zapadnyy gos. un-t, 2014. – S. 335-339.

V. Shalenniy

Vernadsky Crimea Federal University, Simferopol

Doctor of Technical Sciences, head of the department of building technologies and organisation

E-mail: v_shalennyj@mail.ru

O. Balakchina

Vernadsky Crimea Federal University, Simferopol

Assistant of the department of building technologies and organisation

E-mail: grinkyk-olga@rambler.ru

ШЕВЕЛЕВ А.С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КАК СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ РАСХОДОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье проведен анализ рынка жилой недвижимости города Курска. Рассмотрены возможности оптимизации расходов строительных компаний-застройщиков. Проанализированы проблемы внедрения расчетного программного обеспечения для осуществления проектирования с целью оптимального выбора строительных конструкций. Предложены способы уменьшить издержки проектных организаций, связанные с приобретением специализированного программного обеспечения

Ключевые слова: программное обеспечение, проектирование, рынок недвижимости

Кризисные явления в экономике государства напрямую влияют на строительную отрасль, как отрасль, требующая больших финансовых, трудовых и материально-технических ресурсов. Рынок недвижимости в части объемов продаж подвержен достаточно большим колебаниям. И можно заметить прямую зависимость между динамикой изменения экономических показателей государства и динамикой рынка недвижимости.

Вопросы оптимизации расходов в строительстве стали особенно актуальны в период 2008-2009 г., связи с началом экономического кризиса. До 2008 года данная проблема не была острой, так как с 1998 по 2008 года рост цен на недвижимость оставался стабильно высоким, в среднем рост по Курской области составлял 15 % в год, в 2007 – 25%. Такой рост позволял застройщикам получать высокую чистую прибыль и не задаваться вопросами уменьшения издержек.

К основным средствам оптимизации можно отнести следующие:

1. Сокращение численности административных кадров, т. е. специалистов, напрямую не создающих конечный продукт. Это экономисты, кадровики, бухгалтеры, секретари, инженеры производственно-технических отделов, специалисты отделов капитального строительства. Сокращение данных кадров становится возможным благодаря применению специализированных программных продуктов, увеличением нагрузки на персонал за счет уменьшения его численности, уменьшения представительских расходов;
2. Оптимизация расходов на строительные материалы и оборудование путем поиска наиболее выгодных предложений на рынке поставщиков, борьба со сговором между поставщиками и сотрудниками строительных компаний;
3. Применение системы открытых аукционов и конкурсов, которая позволяет уменьшить расходы на услуги подрядных организаций;
4. Особо внимательный подход к разработке проектных решений строящегося объекта, его продуманности в части безопасности строительства и эксплуатации и экономической эффективности.

Государственный заказчик связи со сложным экономическим периодом также задавался вопросами оптимизации строительства, однако, экономия средств достигалась в основном за счет уменьшения объемов закупок, а также получения услуг по низким, демпинговым ценам, зачастую приводившим к значительному ухудшению качества работ. Поступали предложения по внедрению принципов типового проектирования объектов капитального строительства, повсеместно применявшимся в СССР. В частности, предлагалось создавать реестры, бан-

ки проектов объектов социального назначения (детские сады, школы, спортивные объекты), которые можно применять повторно [1]. Данная практика позволила бы уменьшить затраты на проектирование и проведение государственной экспертизы проектной документации. В свою очередь, такие проекты уже прошли апробацию и доказали целесообразность применения повторно, в том числе экономическую.

На сегодняшний день программу применения типовых проектов реализует Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Формируется реестр типовых проектов, создается соответствующая законодательная база.

Многие строительные компании-застройщики применили первые три способа оптимизации, перечисленные выше, еще в 2008-2009 годах: сократили штат, активно стали использовать системы аукционов, увеличилась конкуренция на рынке поставок материалов.

По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Курской области последние два года объемы вводимого жилья в Курской области уменьшались и в 2015 году достигли практически нулевых значений – 0,3% (рис. 1). Если со-поставить диаграммы динамики ввода жилья и капитальных вложений в строительство, то можно увидеть в период 2010-2013 разнонаправленную динамику. Это говорит о следующем: при увеличении объема вводимого жилья уменьшаются объемы средств, необходимые для его строительства. Данный эффект достигается путем уменьшения внутренних издержек строительной организации и, как следствие, уменьшения себестоимости; в результате, за единицу капитальных вложений появляется возможность произвести больше строительной продукции.

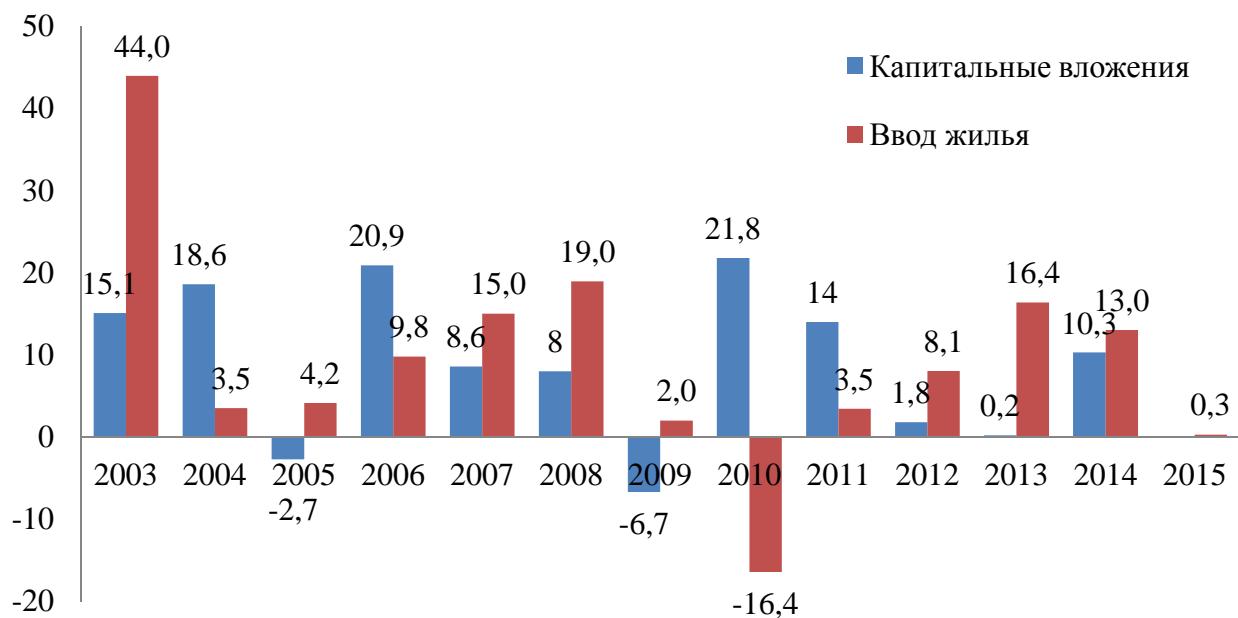


Рисунок 1 – Динамика капитальных вложений и ввода жилья в Курской области, %, год к году

Однако к оптимизации проектных решений застройщик начал подходить только сейчас, когда, собственно, способов уменьшить себестоимость строительства все меньше, нарастить объемы производства нет возможности, а показатели рыночной стоимости недвижимости только в 2014 году вышли на уровень докризисного 2008 г.

И продуманный, грамотный подход к проектированию строительных конструкций, выполнение точных расчетов, подбор наиболее обоснованных, экономически выгодных решений – таким вопросом все больше задается заказчик-застройщик и адресует его в первую очередь проектировщику.

У заказчика только начинает формироваться понимание того, насколько может быть опасен, как в экономическом плане, так и в плане безопасности, необдуманный подход к вы-

бору генерального проектировщика. Ведь стоимость проектных работ в себестоимости строительства, как правило, не превышает 3%, однако именно проектная организация, выпускающая продукцию высокого качества, может принести экономию до 15% от себестоимости строительства, а в некоторых случаях и более.

И грамотное использование проектной организацией расчетных комплексов, задействование всего их функционала является залогом высоких результатов при разработке оптимизированного проекта здания.

Зачастую, пользователями специализированного программного обеспечения являются специалисты, освоившие его функционал самостоятельно, используя интуитивный подход, средства интернет-сообществ, а также специальную литературу. При таком способе освоения программным комплексом, пользователь, по мнению автора, совершает две принципиальные ошибки. Во-первых, при интуитивном освоении, пользователь не может в полной мере освоить весь функционал программы, что может приводить к значительной потере времени на решение задачи и, что еще опасней, совершению фатальных ошибок, приводящих в невозможности выполнить расчет или выполнению его с грубыми ошибками, причины их возникновения которых понять не может. Во-вторых, обращаясь за консультацией к специалистам в рамках интернет-сообществ, форумов, пользователь часто принимает на веру рекомендации от людей, компетентность которых он оценить не может. В свою очередь, специалисты, которые осуществляют консультирование, часто сами осваивали программный продукт самостоятельно, что в результате может приводить к накоплению одних и тех же системных ошибок; и что особенно важно, данные специалисты не несут персональной ответственности за те или иные рекомендации, что также может негативно отражаться на конечном результате.

Проектная организация, решившая приобрести тот или иной программный комплекс для расчета строительных конструкций, как правило, встает перед проблемой обучения соответствующих кадров.

Дело в том, что рынок труда в сфере архитектурно-строительного проектирования складывается таким образом, что обучение будущих специалистов средствам САПР как следует не организовано, за исключением может быть отдельных ВУЗов, а найти квалифицированного специалиста, обладающего специальными знаниями все сложнее.

Это также создает сложности для поставщиков программного обеспечения, так как на предлагаемом программном обеспечении попусту некому работать. Некоторые компании-поставщики программного обеспечения ищут пути сотрудничества с образовательными учреждениями по вопросам обучения студентов: предлагают ВУЗам образовательные лицензии, в форматах конференций проводят презентации своих продуктов. Однако, так же как и специалист на производстве, преподаватель, который берет на себя функции по передаче знаний будущим специалистам, сталкивается с проблемой собственного обучения.

С какими затратами сталкивается проектная организация при внедрении специализированного программного обеспечения, из расчета создания 1 рабочего места? Проанализировав предложения на рынке специализированного программного обеспечения, можно прийти с некоторым средним данным по затратам на внедрение:

1. Собственно, сам продукт – 250 000 руб.;
2. Обучение сотрудника – 25 000 руб.;
3. Командировочные расходы – 25 000 руб.;
4. Издержки предприятия, связанные с отсутствием сотрудника – 105 000 руб.;
5. Обновление программного обеспечения – 30 000 руб.

Итого: 435 000 руб.

Для крупных организаций данная сумма является, может быть, вполне приемлемой, хотя для таких организаций недостаточно обучения только одного сотрудника, следовательно, расходы увеличиваются кратно. Однако большинство проектных организаций Курска имеет штат не более 15-20 человек, и сумма в 435 000 руб. сравнима с фондом оплаты труда за 2 месяца. А учитывая, что вопросами приобретения программного обеспечения компании задают-

ся на начальной стадии своего развития, когда фонды только формируются, то выделение таких средств для многих организаций весьма затруднительно.

Что хотелось бы предложить, прежде всего, поставщикам программного обеспечения для уменьшения издержек при приобретении программного обеспечения и, как следствие, увеличения продаж:

1. Создание программ подписки на программный продукт. Позволяет распределить расходы на длительный промежуток времени. Использование продукта становится более мобильным, позволяет оперативно регулировать число рабочих мест. На сегодняшний день некоторые поставщики уже предлагают подобные программы приобретения. Хотелось бы отметить также, что подобный формат приобретения продукта позволяет его пользователю более оперативно реагировать на конъюнктуру рынка, определять, сколько на данный момент ему требуется лицензий на пользование, в случае необходимости, отказываться от лишних лицензий. К тому же программа подписки предусматривает пользование актуальной версией продукта, отсутствует необходимость в затратах на обновление.

2. Разработка выгодных условий обучения в регионе покупателя или на рабочем месте. Для этого необходимо более активно развивать сеть региональных учебных центров, в том числе на базе учебных заведений, либо как отдельных подразделений. Необходимо более активно сотрудничать с специалистами в области преподавания, обучать их и сертифицировать, так как преподаватель является важным проводником программного обеспечения на рынок.

3. Реализация полнофункциональных программных продуктов для некоммерческого использования на безвозмездной основе. На сегодняшний день у студента или специалиста, решившего самостоятельно освоить программный продукт нет возможности получить легально актуализированную версию продукта, что мешает его популяризации и дальнейшему распространению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пиняскина, О.В. Создание «Банка государственных инвестиционных проектов» как способ оптимизации расходов на бюджетные инвестиции в объекты капитального строительства [Текст] / О.В. Пиняскина // Проблемы в российском законодательстве – 2010. - №4. – С. 343-347.

Шевелев А.С.

Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Доцент кафедры «Уникальные здания и сооружения»
E-mail: shevelev.engsys@gmail.com

A. SHEVELEV

THE USAGE OF SOFTWARE PRODUCTS AT CALCULATION OF BUILDING CONSTRUCTIONS AS A WAY TO OPTIMIZE THE EXPENSES IN BUILDING INDUSTRY

The article presents Kursk city real estate market analysis. It also considers the ways to optimize the expenses of building companies, analyses the problems of adopting calculation software into engineering in order to optimize the selection of building constructions and dwells on the engineering firms' options of reducing the expenses connected with special-purpose software purchase

Key Words: software, engineering, real estate market.

BIBLIOGRAPHY

1. Pinyaskina, O.V. Sozdanie «Banka gosudarstvennykh investitsionnykh proektov» kak sposob optimizatsii raskhodov na byudzhetnye investitsii v ob"ekty kapital'nogo stroitel'stva [Tekst] / O.V. Pinyaskina // Probely v rosiyskom zakonodatel'stve – 2010. - №4. – S. 343-347.

A. Shevelev

South Western state university, Kursk

Associated professor of the department “Unique buildings and facilities”

E-mail: shevelev.engsys@gmail.com

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с основными требованиями
к оформлению научных статей

- Представляемый материал должен быть **оригинальным, не опубликованным ранее** в других печатных изданиях.
- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах **формата А4** и содержит от **4 до 9 страниц**; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и вверху – 2 см.
- Статья предоставляется в **1 экземпляре** на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.
- **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.**
- Если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует присыпать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания рецензента. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи.
- Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

В тексте статьи не рекомендуется применять:

- обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- для одного и того же понятия различные научные термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- произвольные словообразования;
- сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

Обязательные элементы:

- **заглавие (на русском и английском языке)** публикуемого материала должно быть точным и емким, слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкого профессионального и местного значения;
- **аннотация (на русском и английском языке)** описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем – 500 печатных знаков;
- **ключевые слова (на русском и английском языке)** – это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов.
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи.

Право использования произведений предоставлено авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации.

С полной версией требований к оформлению научных статей
Вы можете ознакомиться на сайте www.gu-unpk.ru

Учредитель журнала
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет –
учебно-научно-производственный комплекс»
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)

Адрес учредителя журнала
302020, г. Орел, ул. Наугорское шоссе, 29

Контактные данные учредителя
+7 (4862) 42-00-24
www.gu-unpk.ru
E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции
302006, г. Орел, ул. Московская, 77.

Контактные данные редакции
+7 (4862) 73-43-49
www.gu-unpk.ru/science/journal/sir
E-mail: str_and_rek@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор С.Ю. Савин
Компьютерная верстка С.Ю. Савин

Подписано в печать 20.10.2015 г.
Формат 70×108 1/16. Печ. л. 7,0.
Тираж 400 экз.
Заказ №_____

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической
базе ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.