

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



16+

19  
2022  
ЧАСТЬ II

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 19 (414) / 2022

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

*Главный редактор:* Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

*Редакционная коллегия:*

Жураев Хусниддин Олгинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)  
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук  
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук  
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук  
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук  
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)  
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)  
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук  
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)  
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук  
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук  
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук  
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук  
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук  
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук  
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения  
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)  
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)  
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук  
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук  
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук  
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук  
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук  
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук  
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук  
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук  
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук  
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук  
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук  
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)  
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)  
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук  
Рахмонов Азиз Боситович, доктор философии (PhD) по педагогическим наукам (Узбекистан)  
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук  
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук  
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук  
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук  
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры  
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)  
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук  
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

*Международный редакционный совет:*

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)  
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)  
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)  
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)  
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)  
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)  
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)  
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)  
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)  
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)  
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)  
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Досмубетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)  
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)  
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)  
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)  
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, декан (Узбекистан)  
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)  
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)  
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)  
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)  
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)  
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)  
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)  
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)  
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Султанова Дилшоода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)  
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)  
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)  
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)  
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

---

---

**Н**а обложке изображен *Гиппарх* (около 190 — после 126 г. до н. э.), древнегреческий астроном.

Родился в Никее в Вифинии. Вероятно, некоторое время жил в Александрии, но основную часть жизни провел на острове Родос. Там Гиппарх выполнил большую часть своих работ, из которых сохранилась лишь наименее важная — комментарий к «Феноменам» Эвдокса и Арата. Прочие его работы до нас не дошли, и мы знаем о них лишь по упоминаниям Птолемея и других авторов.

Гиппарх выступал против принятого в его эпоху мнения, что Атлантический и Индийский океаны, а также Каспийское море являются частями единого мирового океана, и предполагал, что ойкумена, то есть обитаемая часть суши, занимает всё пространство от экватора до северного полярного круга. Эта идея Гиппарха нашла своё отражение в «Географии» Птолемея. По сути, весь труд Птолемея представляет собой попытку реализовать идеи Гиппарха о том, какой должна быть география.

Гиппарх внес фундаментальный вклад в астрономию. Его собственные наблюдения продолжались с 161 по 126 год до н. э. Кроме того, он широко привлекал данные других греческих астрономов, а также, вероятно, использовал древние наблюдения вавилонян. Гиппарх с высокой точностью определил продолжительность тропического года; довольно точно измерил прецессию (он назвал ее прецессией равноденствия), которая проявляется в медленном изменении долготы. В составленном им звездном каталоге указаны положения и относительная яркость около 850 звезд (его шкала имела шесть разрядов яркости). Он также построил небесный глобус, на котором были изображены созвездия и звезды.

Гиппарх построил две модели видимого движения Солнца — эпициклическую и эксцентрическую — и определил все элементы этого движения. Хотя он много наблюдал и Луну (определил продолжительность лунного месяца, эксцентриситет и наклон плоскости лунной орбиты

и др.), обнаруженные расхождения с теорией заставили его отказаться от дальнейших поисков, и так называемое второе неравенство движения Луны было найдено уже Птолемеем три века спустя. Гиппарх не дал также окончательного объяснения движению планет, как иногда утверждают, но оставил решение данной проблемы ученым будущему (это тоже сделал Птолемей).

Работа Гиппарха о хордах окружности (по современным понятиям — синусах), составленные им таблицы, предвосхитившие современные таблицы тригонометрических функций, послужили отправной точкой для развития хордовой тригонометрии, игравшей важную роль в греческой и мусульманской астрономии. Интерес Гиппарха к астрономии проявился и в критике географии Эратосфена, поскольку Гиппарх делал особый акцент на применении в географии астрономической методики, прежде всего при определении долгот и широт.

О работах Гиппарха по физике известно мало. В трактате «О телах, движимых весом вниз» он утверждал, что замедление тела, брошенного вверх, можно объяснить тем, что его вес (внутреннее устремление вниз) постепенно разрушает остаточную силу сопротивления, которая присутствует в теле как наследие от изначального броска. Как представляется, в этой теории неявно присутствовала идея, что продолжающееся движение тела при броске объясняется сообщенной телу силой. Эта антиаристотелевская мысль была подхвачена в VI веке неоплатоником Иоанном Филопоном и через ряд концепций, предшествовавших понятию о моменте, привела к «импетусу» Галилея и к «количеству движения» (т. е. импульсу) Ньютона.

В честь Гиппарха назван лунный кратер, астероид (4000) Гиппарх и орбитальный телескоп Европейского космического агентства *Hipparcos*, предназначенный для астрометрических измерений.

*Екатерина Осянина, ответственный редактор*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Бабахан Ш. А., Койшиев Т. К., Кибишов А. Т., Адилбеков Н. Б.**

Шаговый метод технического расчета производительности Келеской солнечной станции ..... 67

**Баранова О. С.**

Проблемы оптимального использования ресурсов и энергосбережения при проектировании систем жизнеобеспечения ..... 71

**Батжаргал Д., Дорж О.**

Исследование возможности уменьшения образования сажи при использовании двойного топлива дизель-газ в автобусах марки DAEWOO BS-106 ..... 74

**Горбунов Р. В., Долгова А. Е., Кряжева А. А.**

Выбор сечений жил кабельных линий при различных видах прокладки ..... 79

**Жулин А. Г., Курбанов А. Ш., Белова Л. В.**

Влияние состояния поверхности подземной воды на десорбцию углекислого газа ..... 81

**Жулин А. Г., Насрутдинов А. Г., Белова Л. В.**

Исследования по снижению содержания углекислоты из подземной воды в зависимости от формы отверстия и высоты излива ..... 86

**Иванова Т. А., Колесникова Л. Г.**

Теплоизоляционные материалы ограждающих конструкций наружных систем утепления ..... 91

**Кряжева А. А., Долгова А. Е., Горбунов Р. В.**

Учет нагрева проводов воздушной линии при расчете потерь напряжения ..... 94

**Менжинский К. С.**

Вывод критерия тяжелой нефти с помощью метода Наара — Гендерсона ..... 96

**Нигаматуллин А. Н., Хажеев Д.**

Факторы, влияющие на эвакуацию из детских медицинских учреждений ..... 100

**Огрызкова М. И.**

Особенности теплопередачи ограждающих конструкций в холодный период года ..... 105

**Рябов А. Н.**

Анализ возможности применения ингибитора для борьбы с парафиноотложениями на Фаинском месторождении ..... 108

**Солонченко М. Е.**

Исторические аспекты становления метрологии как самостоятельной науки ..... 110

**Темирова Г. И.**

Эффективные методы использования материалов на основе коллагена в производстве меховых изделий ..... 111

**Торянников А. Ю., Барышников А. А.**

Определение износостойкости титанового образца в условиях абразивного износа, упрочненного электромеханической поверхностной закалкой с последующей ультразвуковой обработкой ..... 114

**Чечельницкий В. В.**

Определение критического теплового потока для воспламенения материалов ..... 117

**Шавкунов Д. А.**

Моделирование процесса эвакуации маломобильных групп населения ..... 122

**АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН  
И СТРОИТЕЛЬСТВО****Буткеев А. В.**

Концепция применения блоков из ячеистого фибробетона в конструкции несущих стен в качестве опорного ряда сборных перекрытий и стропильных кровель ..... 125

**Войнова К. А.**

Изучение изменения планировочных решений, применяемых при формировании городской жилой застройки в России со второй половины XIX века по настоящее время ..... 129

**Иванова Е. Ю.**

Анализ работы и расчет сталежелезобетонного перекрытия ..... 137

**Макиш Н. К., Кенжегали А. Т.**

Методы усиления безригельных и бескапитальных каркасных зданий ..... 145

**Морозов Е. Л.**

Оценка соответствия строительных конструкций требованиям пожарной безопасности ..... 147

**Удалов Ю. М.**

Анализ влияния прогиба от опалубочных работ при проведении СМР на примере монолитного железобетонного перекрытия. Влияние на порядок усиления конструкций внешним армированием ..... 151

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Шаговый метод технического расчета производительности Келеской солнечной станции

Бабахан Шохрух Абдилкасымулы, преподаватель;  
Койшиев Темирхан Косыбаевич, профессор;  
Кибишов Адылхан Талгатович, преподаватель;  
Адилбеков Нурадил Бактыбекулы, студент магистратуры  
Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави (г. Туркестан)

В статье представлены показатели развития солнечной фотоэлектрической технологии в регионе Казахстана. Одним из приоритетных направлений развития энергетики в XXI веке является широкое использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), что позволит снизить отрицательное влияние энергетики на окружающую среду, сэкономить энергетические ресурсы. Показатели солнечной станции Келеской СЭС мощностью 20 кВт были оценены с использованием базы данных солнечных ресурсов NASA SEE.

Выполнен расчет по шаговому методу и произведены сравнительный анализ генерируемой мощности станций.

**Ключевые слова:** солнечная станция, солнечная технология, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика.

В настоящее время предлагается использовать возобновляемые источники энергии, отвечающие требованиям экологической безопасности и имеющие длительный срок службы. Учитывая, что такие ресурсы, как уголь, нефть и природный газ, наносят вред окружающей среде, потребность инвестирования в восстанавливаемые (возобновляемые) источники энергии, которые позволяют производить электрическую энергию без ухудшения состояния окружающей среды.

Наиболее предпочтительные районы размещения солнечных электростанций в Казахстане Кызылординская, Туркестанская, Жамбылская и Алматинская области.

В последние годы в Казахстане началась активная разработка политики, направленной на развитие возобновляемых источников энергии. Следовательно, необходимость уменьшения зависимости от ископаемого топлива, а также воздействия на окружающую среду. Таким образом, сегодня развитие возобновляемых источников энергии является важной и существенной темой, которая охватывает государственную политику, экономику, инновации и науку.

По состоянию на май 2020 года в республике было 97 проектов в области возобновляемых источников энергии с общей мощностью 1260 МВт, еще 19 проектов были одобрены правительством, девять из которых должны были быть запущены к декабрю 2020 года.

В настоящее время суммарная установленная электрическая мощность солнечных электростанций в Казахстане на 1 октября 2020 года составляет 839 МВт.

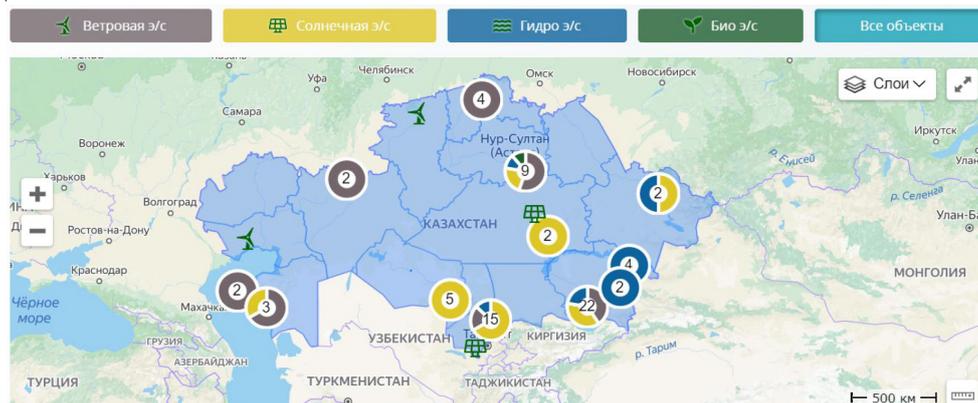


Рис. 1. Объекты ВИЭ в Казахстане

Мы в данной работе рассмотрели технической возможности применения солнечной установки для энергообеспечения автономного потребителя на объекте Келес Туркестанской области.

Решению различных вопросов солнечной установки и прогнозирования процессов электропотребления на солнечных электростанциях для энергообеспечения автономных потребителей посвящены многие исследовательские работы.

Келеская солнечная электростанция располагается на стационарно установленных **модульных конструкциях**, ориентированных на юг, объединяясь в ряды, массивы и поля. Очень важно установить солнечные панели, так чтобы они получали прямое солнце и были максимально эффективны по производительности круглый год.

Под действием солнечного излучения электрическая энергия постоянного тока, которая генерируется в фотоэлектрический модуль (ФЭМ), через коммутационное устройство поступает к инвертору, где преобразуется в электрическую энергию переменного тока. Перед включением инвертор производит мониторинг параметров внешней электросети.

Выбранным объектом является автономных потребителей в регионе Келеской малый ГЭС который расположен на берегу реке Келесе:

Географические координаты

Широта: 43°45'24" с.ш.

Долгота: 76°56'42" в.д.

### Шаг 1. Определение энергопотребления и мощности выбранного объекта

Определения суммарной потребляемой энергии переменного тока в неделю  $W_{пер}$  (для первого павильона)

Таблица 1

N	Тип устройства (Нагрузка переменного тока)	Мощность, Вт	Количество, шт	Время работы за неделю Часов/неделю	$W_{пер}$ (Вт час/неделю)
1	Прожектор	105	2	84	17 640
2	LED экран	13000	1	56	728 000
3	Лайтбоксы	250	4	84	84 000
4	Объемные световые буквы	1500	1	84	126 000
	ВСЕГО	15 710 Вт			955 640
	Всего за месяц 4152.5 кВт ч				

### Шаг 2. Определение мощность инвертора

– Количество необходимой энергии постоянного тока. (с учетом потери энергии в инверторе. Коэффициент  $k=1,2$ , учитывающий потери в инверторе):

$$W_{тр} = W_{пер} \cdot k = 955\,640 \times 1,2 = 1\,146\,768 \text{ Вт час /неделю}$$

инвертора  $U_{инв}$  по характеристикам выбранного инвертора. Нами выбран инвертор напряжением  $U_{инв} = 24 \text{ В}$ .

– Расчет мощность инвертора. разделим значение  $W_{тр}$  на число часов за неделю, то есть на  $7 \times 24 = 168 \text{ ч}$ ):

$$P_{инв} = \frac{W_{тр}}{7 \cdot 24} = 1146\,768 / 168 = 6826 \text{ Вт.}$$

– Выбираем инвертор с номинальное напряжение инвертора  $U_{инв} = 24 \text{ В}$ , номинальная мощность:  $P_{н.инв} = 8000 \text{ Вт}$  (с запасом)

### Шаг 3. Определение количество солнечных батареи

– Выбираем типа солнечной батареи, для нашей солнечной станции мы планируем использовать солнечных модулей выпускаемые ТОО «ASTANA SOLAR», с следующими техническими характеристиками:

$$P_{ном}^{СБ} = 275 \text{ Вт}$$

$$U_{ном}^{СБ} = 24 \text{ В}$$

$$I_{тр} = 7,8 \text{ А}$$

– Число Ампер-часов в неделю, требуемое для покрытия нагрузки переменного тока:

$$q_{нед}^{пер} = \frac{W_{тр}}{U_{инв}} = 1\,146\,768 / 24 = 47\,782 \text{ Ачас /неделю}$$

– Число Ампер-часов в день, требуемое для покрытия нагрузки переменного тока

$$q^{неp}_{сут} = q^{неp}_{нед} / 7 = 47\,782 / 7 = 6826 \text{ Ач}$$

– Величину тока, который должны генерировать солнечные батареи:

Разделим значение  $q^{неp}_{сут}$  на число пиковых солнце-часов для заданной местности  $i$ :

$$I^{CB} = q^{неp}_{сут} / i = 6826 / 4.76 = 1434.03 \text{ А}$$

где  $i$  — среднее число пиковых солнце-часов для заданной местности Келес,  $i=4.76$ :

Число модулей солнечных батарей, соединенных параллельно, (Для этого разделить значение тока, вырабатываемого батареями, на максимальный ток  $I_{mp}$  одного модуля и округлить полученное до ближайшего большего целого):

$$N^{CB}_{пар} = I^{CB} / I_{mp} = 1434.03 / 7.8 = 184 \text{ шт}$$

– Для определения числа модулей, соединенных последовательно, разделить напряжение постоянного тока системы  $U_{инв}$  на номинальное напряжение солнечной батареи- 24 В):

$$N^{CB}_{пар} = U_{инв} / U^{CB}_{ном} = 24 / 24 = 1 \text{ шт}$$

– Общее количество требуемых фотоэлектрических модулей:

$$N^{CB} = N^{CB}_{пар} \cdot N^{CB}_{посл} = 184 \times 1 = 184 \text{ шт}$$

#### Шаг 4. Определяем количества энергии вырабатываемой солнечными фотомодулями:

– Среднее значение количества энергии вырабатываемой солнечными панелями за год определяется:

$$E_{CB} = E_{сум.сол.рад} K_0 P_{CB} K_{пот} / I_{исп}$$

где,  $E_{сум.сол.рад}$  — суммарная солнечная энергия, попадающая на поверхность Земли в горизонтальной плоскости.

$K_0$  — поправочный коэффициент пересчета суммарного потока солнечной энергии с горизонтальной плоскости на поверхность фотопанели. Для расчета принимаем  $K_0=1,2$ .

$P_{CB}$  — суммарная мощность солнечной фотопанели. (установленная мощность)

$K_{пот}$  — коэффициент, учитывающий потери солнечной батареи при преобразовании и передаче электроэнергии.

$I_{исп} = 1000 \text{ Вт/м}^2$  (1 кВт/м<sup>2</sup>) — интенсивность солнечной радиации, при которой фотоэлектрические модули тестируются.

#### Шаг 5. Оценка потери энергии в солнечных батареях

Общие потери энергии при преобразовании солнечного излучения в фотоэлектрической системе включают в себя:

Для расчета общую сумму потери принимаем — 16 %, тогда  $K_{пот} = 0.84$

При оптимальной компоновке оборудования и эффективность солнечной системы в 85 % считается очень хорошей. На практике возможны случаи, когда общие потери могут достигать значения 25–30 % из-за плохого качества оборудования или неправильного подбора элементов системы, а также других факторов.

#### Шаг 6. Произведем расчет генерируемую мощность солнечной станции со следующими параметрами:

Ориентация солнечных батарей строго южного направления (рисунок 2);

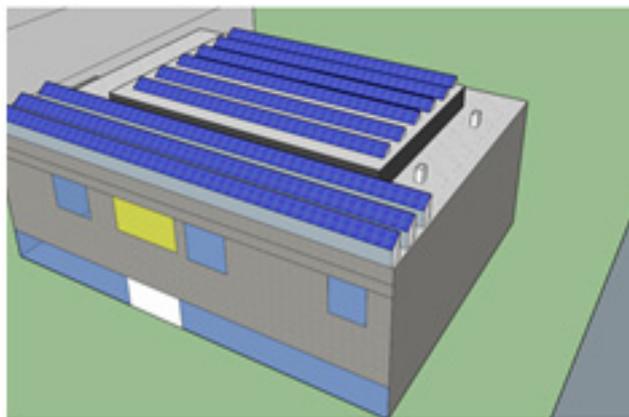


Рис. 2. Схема расположение солнечных панели

Воспользовавшись данными из базы данных по солнечной радиации NASA, производим расчет суммарного месячного и годового прихода солнечной радиации на горизонтальную поверхность для местности Келес.

Для нашей солнечной станции мы планируем использовать солнечных модулей выпускаемые ТОО «ASTANA SOLAR», мощностью 275 Вт

*Определение месячного и годового прихода суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность*

Следующим этапом — это определение месячного и годового прихода суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность здесь используем базы данных по солнечной радиации NASA

Таблица 2. Месячные и годовые прихода суммарной радиации на горизонтальную поверхность (кВт\*ч/м<sup>2</sup>) по расчетным данным агентства NASA

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ГОД
54,6	72,1	103,5	138,3	176,9	189,7	203,7	179,3	142	96,1	55,9	44,2	1457,2

Сравнительная гистограмма между потребляемое и вырабатываемые электроэнергии от Келеской солнечной станции, кВт\*ч

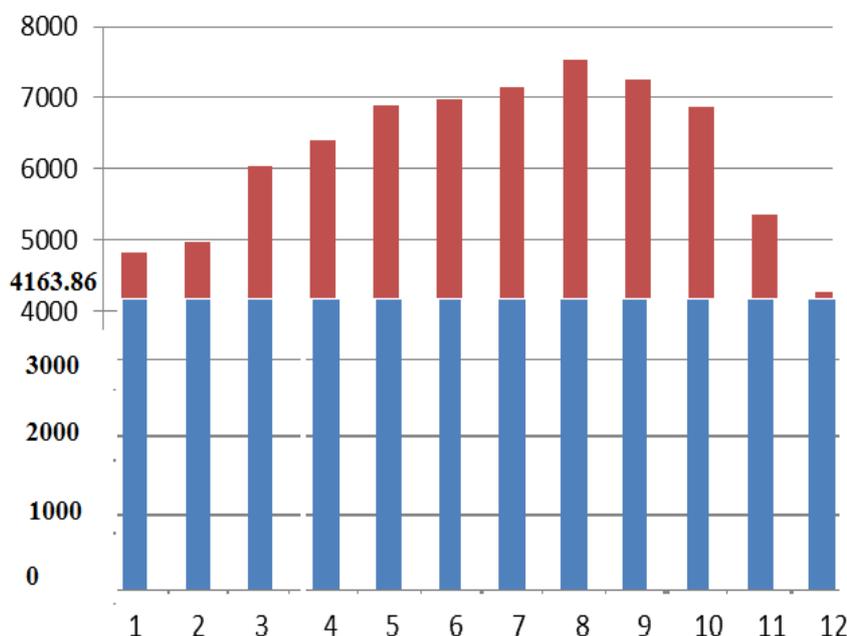


Рис. 3. Сравнительная гистограмма между потребляемое и вырабатываемые электроэнергии от Келеской солнечной станции, кВт\*ч

#### Заключение

В статье разработаны алгоритмы расчета для оценки производительность Келеской солнечной станции.

Представлены технические показатели развития солнечной фотоэлектрической технологии применительно для солнечной станций мощностью 20 кВт. Показатели солнечной станции Келеской СЭС мощностью 20 кВт были оценены с использованием базы данных солнечных ресурсов NASA SSE. Расчет приведен по шаговому методу и произведены сравнительный анализ генерируемой и потребляемой мощности.

#### Литература:

1. «Қазақстан-2050» стратегиясы, 2012 жыл, желтоқсан
2. Баланс мощности на час совмещенного максимума нагрузок ЕЭС Казахстана на период до 2022 г. KEGOC. 17 января 2016 года.
3. Electronic resource. NASA SSE — [URL] <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
4. Т.Қ.Қойшиев, Жаңғыртылатын энергия көздері, Алматы, 2013, 34 с.

## Проблемы оптимального использования ресурсов и энергосбережения при проектировании систем жизнеобеспечения

Баранова Олеся Сергеевна, студент магистратуры  
Иркутский национальный исследовательский технический университет

*Сделан анализ энергосбережения и эффективного использования ресурсов систем жизнеобеспечения. Предлагаются пути решения проблем связанных с энергосбережением систем жизнеобеспечения.*

*Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, системы жизнеобеспечения.*

В связи с Постановлением Правительства РФ от 27.09.2021 N 1628 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов», возникает необходимость пересмотра энергоэффективных мероприятий, применяемых к новому строительству. [1, с. 1]

В настоящее время тема энергосбережения и энергоэффективности в зданиях обсуждается на высшем уровне. Поднимаются острые вопросы об ограничении использования природных ресурсов и изменениях в климате. Эффективного использования энергоресурсов можно достигнуть с помощью комплексного использования новейших энергосберегающих технологий, мероприятий и внедрения мер организационного характера, направленные на энергосбережение. Постоянный рост цен и тарифов на энергоресурсы сказывается на производственном процессе любой организации. Решение такой проблемы, заключается в экономии энергии и осуществлению способствующих этому мер. Требуется всесторонний подход, который учитывает степень энергетической результативности объекта в зависимости от архитектурно-планировочных решений, компоновки помещения, особенностей природно-климатических влияний и режима работы систем жизнеобеспечения.

Когда мы задумываемся об уюте, первое, что приходит в голову — это тепло и комфортный микроклимат, что вынуждает нас предусматривать не только системы обогрева дома, но и о эффективное использование полученного теплоносителя. Разумеется, теплотери здания к нулю свести невозможно, но достигнуть существенного уменьшения тепловых потерь можно, используя методы энергосберегающих технологий.

Сейчас активно начали применяться такие мероприятия по энергосбережению, как: использование солнечной энергии, усиление теплозащиты и герметичности ограждающих конструкций, установка вакуумных стеклопакетов, реновация инженерных систем с применением терморегуляторов и не только. Внедрение энергосберегающих технологий на этапе проектирования, повысит не только уровень комфорта в помещениях, но и сможет помочь экономии энергоресурсов, а также снизит расходы на их использование. Теплоизоляция — это ключевой аспект во-

проса по энергосбережению. Ведь основные теплотери возникают через ограждающие конструкции. [3, с. 9–14]

Рассмотрим энергетическое сбережение систем жизнеобеспечения здания.

Системы отопления и ГВС.

Первостепенные меры по энергосбережению:

- Установка балансировочных клапанов
- Регулировка системы отопления
- Промывка трубопроводов и стояков системы отопления
- Установка общедомовых и индивидуальных счетчиков тепла и горячей воды

Второй этап мероприятий:

- Установка индивидуального (автоматизированного) теплового пункта
- Установка теплообменника в систему отопления
- Установка автоматической системы управления отоплением и ГВС
- Замена трубопроводов и арматуры
- Теплоизоляция трубопроводов в подвалах, на чердаках, а также в местах общего пользования
- Установка терморегулирующих клапанов на отопительных приборах
- Установка и модернизация насосов для обеспечения рециркуляции воды в системах ГВС
- Установка тепловых насосов в системы отопления и горячего водоснабжения
- Установка рекуператоров для использования тепла вентиляционных выбросов
- Установка солнечных коллекторов подогрева воды
- Использование наиболее эффективной толщины теплоизоляционного материала в ограждающих конструкциях

Мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха сводятся к следующему.

1. Повышение сопротивления теплопередачи внешних стен и уменьшения тепловых потерь здания, благодаря улучшению его теплозащитных свойств и использование эффективных теплоизоляционных материалов, как при проектировании и строительстве, так и при реконструкции зданий.

2. Устройство вентилируемых фасадов зданий для увеличения показателя тепловой защиты наружных стен.

3. Теплозащита наружных ограждений в местах установки отопительных приборов, для уменьшения тепловых потерь, от наружных стен, на которых установлены отопительные приборы.

4. Установка вентилируемой оконной конструкции. Заключается в поступлении потока наружного воздуха и прохождения его через оконную конструкцию, а также происходит теплоотражение за счет специальных экранов, как автономных, так и в виде покрывающих слоев.

5. Установка окна с тройным стеклопакетом. Сокращается воздухопроницаемость и повышается сопротивление теплопередачи оконных блоков.

6. Использование теплопоглощающего и теплоотражающего остекления.

7. Устройство застекления лоджий.

Мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, связанные с режимом работы: Периодический режим работы системы отопления:

Такой режим работы, применяют в тех зданиях, в которых допускается снижение температуры внутри помещений в нерабочее время.

В режиме работы системы отопления в течение суток наблюдаются три промежутка времени:

— Главный рабочий режим. В помещении не изменяются заданные ранее параметры температуры и влажности;

— Дежурный режим. Переводится на режим поддержания уменьшенной температуры в помещении, но после главного режима системы отопления.

— Форсированный режим нагрева. В течение этого режима, система отопления переводится на возможно быстрый подогрев помещения, после охлаждения.

В помещениях может наблюдаться и семидневный цикл, когда в выходные дни, в течение 24 часов поддерживается дежурный режим отопления и уменьшенная температура в помещении.

Для поддержания дежурного режима применяется водяное отопление, поддерживающее минимальный уровень температуры. Так как помещение охлаждается, понижается и температура воздуха и температура ограждений. Для нагрева, к началу нового рабочего дня, потребуется дополнительное время и мощность.

Особенно гибким режимом работы является комбинированная система отопления, состоящая из базовой системы водяного отопления и дополнительной системы воздушного отопления. В данном режиме воздушное отопление совмещается с приточной вентиляцией и в режиме форсированного нагрева, полностью рециркулирует воздух.

Функционирование систем периодического отопления регулируется автоматически при помощи программного управления поддержания расчетного режима. При возникновении резкого понижения температуры, устанавливаются датчики допустимой, наименьшей температуры внутри помещения. От датчиков поступает сигнал, и си-

стема отопления включается, в дополнительном режиме. Экономия энергии в этом случае увеличивается, в период отрицательной температуры наружного воздуха. Что бы уменьшить продолжительность форсированного нагрева, необходимо увеличить теплоустойчивость ограждений, и наиболее интенсифицировать теплоотдачу к ограждениям.

Приведем примеры дополнительных мероприятий по энергосбережению.

1. Отопление помещений теплом рециркуляционного воздуха.

Теплоту рециркуляционного воздуха рекомендуется использовать в производствах, где, допустима рециркуляция воздуха, а также, где температура воздуха в верхней зоне больше 30°, а ее подача не более 15 м. Нагретый воздух поступает из верхней зоны помещения, проходит очистку и направляется, благодаря вентилятору в приточный насадок (цилиндрической или щелевой формы). В данном случае энергосбережение обеспечивается за счет утилизации теплоты удаляемого воздуха.

2. Использование вращающихся регенеративных подогревателей на шахтах кухонных вытяжек.

3. Система воздушного отопления. Для жилых, общественных, производственных зданий и т. д., где функция отопления совмещается с вентиляцией, воздух для отопления нагревается в калориферах или воздухоподогревателях горячей водой, паром, горячим воздухом или другим теплоносителем.

Процесс теплообмена осуществляется двумя путями:

1) Нагретый воздух через воздухораспределительные решетки поступает в помещение и смешивается с внутренним воздухом;

2) Нагретый воздух передвигается по внутренним каналам, окружающих помещение, при этом нагревая стенки помещения, теплота от них передается внутреннему воздуху помещения. Остывший воздух по вытяжным каналам вновь возвращается в калорифер для повторного нагрева или частично выбрасывается в атмосферу, если температура воздуха в помещении высокая. Таким образом, система воздушного отопления может быть как с полной рециркуляцией, так и частичной.

Можно сказать, что системы воздушного отопления являются комбинированными системами отопления и вентиляции. Приоритет систем воздушного отопления: равномерное распределение температуры воздуха в помещении, возможность увлажнения и очищения воздуха, отсутствие отопительных приборов. Недостатки систем воздушного отопления: по сравнению с трубами водяного и парового отопления, немалые размеры поперечных сечений воздухопроводов, а также потери теплоты при неполной изоляции воздухопроводов.

Чтобы добиться снижения энергетических затрат на нагрев наружного воздуха, возможно применение регенераторов, которые позволяют утилизировать теплоту горячего вытяжного воздуха. При применении воздушного

отопления энергосбережение достигается, благодаря автоматизации системы (поддержания более низкой температуры воздуха в нерабочие дни, и быстром нагреве перед рабочим днем).

4. Периодические режимы работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Эти режимы используют для устойчивости температуры, влагосодержания и газового состава воздуха. При обслуживании помещений большого объема, общественного назначения, они очень эффективны. Уменьшение энергопотребления системами вентиляции и кондиционирования, обеспечивается за счет применения сложной системы автоматизации, пневматического аппарата, использования регулятора скорости.

5. Воздушные завесы. Завесы устанавливаются на входе, около открытых проемов в общественных и промышленных зданиях, где часто открываются двери или дверные проемы имеют большую площадь. Данный вид процедур направлен на снижение затрат теплоты для нагрева воздуха. Могут использоваться комбинированные воздушно-тепловые завесы, как с тамбуром, так и без, забор воздуха в данном случае бывает и из помещения, и снаружи. Достижение энергосбережения происходит благодаря уменьшению потребности в теплоте на нагрев поступающего воздуха и затрат электроэнергии.

6. Система отопления помещений с использованием газовых инфракрасных излучателей. Система ориентиро-

вана на обогрев любых рабочих мест производственных и дополнительных помещений; строений и помещений на открытых и полукрытых площадках в течение строительства зданий и сооружений; на крышах. За отопительный прибор здесь выступают горелки инфракрасного излучения. В них используется газ низкого давления, с заранее смешанным газ и воздух. Горелки размещают в помещении или на открытой площадке. В данной системе энергосбережение получается за счет снижения отапливаемого объема помещения, верхняя зона не перегрета и применение автоматики управления.

7. Газовоздушное лучистое отопление. Система лучистого отопления применяется для производственных помещений, цехов, депо, гаражей и ангаров. За отопительный прибор здесь приняты трубопроводы с высокой температурой, расположенные в верхней зоне помещения. Высокая температура трубопроводов обуславливается циркулированием внутри труб смеси нагретого воздуха и продуктов сгорания. Передача теплоты осуществляется за счет суммарного теплообмена — конвекция и лучеиспускание. Энергосбережение достигнуто путем отсутствия перегрева верхней зоны и сохранения условий в рабочей зоне.

8. Применение тепловых насосов.

Рассмотрим энергосбережение ранее представленных мер по энергосбережению, в процентах, в следующей таблице:

Таблица 1. Влияние мероприятий по энергосбережению в процентах

Название/ %	25 %	50 %	75 %	100 %
Отопление помещений теплотой рециркуляционного воздуха			✓	
Использование вращающихся теплоутилизаторов		✓		
Система воздушного отопления		✓		
Периодические режимы работы		✓		
Воздушные завесы		✓		
Система отопления с использованием газовых инфракрасных излучателей			✓	
Газовое лучистое отопление			✓	
Теплонасосные установки нового поколения			✓	

Невзирая на плановые меры по энергосбережению, причина утечки тепла в доме не одна, и каждая может быть, хотя бы частично устранена. Главные причины теплопотери: проводимость. Учитывая, что дом построен на холодном грунте, то следовательно тепловые потоки уходят в почву-конвекция. Когда включено отопление, то стены и крыша изнутри нагревается, в результате чего тепло перемещается и на наружную поверхность. Благодаря этому наружный воздух остужает и уносит тепло вверх. Два основных фактора воздействующих на потери тепла это те-

плопроводность стройматериалов и разница температур внутри и снаружи. Безусловно, какая-то часть тепла уносится через вентиляционную систему. Для того чтобы добиться уменьшения теплопотерь, необходимо теплоизолировать стены и окна, подвал и крыши, применить новые теплоизоляционные и энергосберегающие материалы и оборудование. В результате, можно утверждать, чтобы достигнуть энергоэффективности, необходимо шаг за шагом выполнять энергетическое обследование зданий, осуществление всех необходимых энергоэффективных мер.

Литература:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 27.09.2021 № 1628 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

- СП 50.13330.2012 Свод правил тепловая защита зданий thermal performance of the buildings Актуализированная редакция СНиП 23–02–2003 от 2013–07–01 <https://docs.cntd.ru/document/1200095525>
- Энергетическая эффективность строительных систем: монография / А. Д. Жуков, Е. Ю. Боброва, И. В. Бессонов, Е. А. Меднико-ва. — Москва: ИНФРА-М, 2022.
- СП 60.13330.2020 Свод правил отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха от 2021–07–01, <https://docs.cntd.ru/document/573697256?marker=7D20K3>
- СП 426.1325800.2020 Конструкции ограждающие светопрозрачные зданий и сооружений. Правила проектирования от 2021–07–01
- СП 345.1325800.2017 Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты от 2018–05–15
- Система нормативных документов в строительстве свод правил по проектированию и строительству СП 23–101–2004 Взамен СП 23–101–2000 от 1 июня 2004 года

## Исследование возможности уменьшения образования сажи при использовании двойного топлива дизель-газ в автобусах марки DAEWOO BS-106

Батжаргал Должинсурэн, старший преподаватель;  
Дорж Оюунчимэг, кандидат технических наук, старший преподаватель  
Монгольский университет науки и технологии (г. Улан-Батор, Монголия)

*Значительное влияние оказывает большое число автобусов большого и средних классов в общественном транспорте г. Улан-Батор на загрязнение воздуха. За год они выбрасывают в воздух 59102.2 тонны дыма, 533.3 кг сажи, 222.2 кг серы и 177.8 кг ядовитых веществ, вызывающих злокачественные опухоли. В настоящее время в Улан-Баторе ежедневно выходят на дорогах города около 1100 автобусов. Если учесть, что эти автобусы работают на дизельном топливе стандарта евро 2, то они выбрасывают в окружающую среду 69.3 т оксидов азота и 79.2 т твердые микрочастицы PM. В последние годы эта статистика выше, чем у других зарубежных стран. Использование двойного топлива дизель-сжиженного нефтяного газа (СНГ) можно достичь уменьшения количества твердых частиц, выбрасываемых в атмосферу с выхлопными газами автобусов.*

**Ключевые слова:** сгорание дизельно-газового двойного топлива, программное обеспечение дополнительного оборудования для газового топлива, дизельное топливо, весовое соотношение в газодизельной смеси, количество сажи.

### Введение

По данным 2019 г., доля вредных выбросов от автотранспорта в Улан-Баторе составляет 26,8 % по главной дороге и 59,6 % по второстепенным дорогам [1].

Для уменьшения загрязнения воздуха от транспортных средств помимо производства экологически безопасных транспортных средств, большое внимание уделяют на создание более экологического топлива, с меньшими вредными выбросами. Некоторые результаты этих экспериментальных исследований находят свое применение в практике. Оснащение автомобилей дополнительными устройствами и переход на смешанный топливный режим работы дает возможность в некоторой степени снизить загрязнение воздуха. Например, в Китае все больше используют транспортные средства с газо- и электродвигателем, а в РФ правительство поощряет снижение загрязнения воздуха за счет установки дополнительного оборудования (ГБО) к автомобилям с дизельным двигателем.

Что касается Монголии, в целях снижения загрязнения воздуха в Улан-Баторе в первую очередь предлагается уменьшить сажевыделение путем перевода на режим газодизельного топлива, оснастив автобусы общественного транспорта дополнительными устройствами, с последующим применением в автобусах междугородного сообщения, а также в тяжелых горных механизмах. В целях уменьшения количества вредных выбросов сгорания импортного дизельного топлива до нормативы установленных Евро 3 и выше, необходимо определить оптимальное соотношение дизельного и газового топлива.

### 1. Сгорание газодизельного топлива и продукты сгорания

Дизельное топливо состоит из насыщенных углеводородов (75 %) и ароматических углеводородов (25 %) [8]. Дизельные топлива содержат соединения от  $C_{10}H_{20}$  до  $C_{15}H_{28}$  [5]. При сгорании дизельное топливо полностью реагирует со сжатым воздухом высокого давления и температуры, в результате химической реакции образуются продукты сгорания (1).



Реакция полного сгорания внутри цилиндра зависит от многих факторов, таких как нагрузки двигателя, способа и условий образования рабочей смеси, от вращения и режима скорости коленчатого вала двигателя, времени сгорания, от физико-химических свойств дизельного топлива, а также от количества серы, содержащей в нём.

Неполное сгорание дизельного топлива выражается уравнением реакции (2) [7]:



На сегодняшний день учеными выявлено около 1200 химических соединений в отработавшем газе в двигателях внутреннего сгорания (ДВС), из которых подробно изучено лишь около 200 [2].

Из-за неравномерного распределения дизельного топлива в камере сгорания и неполного разложения молекул тяжелых углеводородов процесс сгорания на отдельных участках происходит не полностью и приводит к образованию твердой сажи (C) и небольшого количества окиси углерода (CO). Для полного сгорания топлива в любом участке камеры сгорания, воздух всегда подается с избытком. Избыток кислорода под действием высоких температур соединяется с азотом и образует оксиды азота (NO<sub>x</sub>). Таким образом, вместе с выхлопным газом дизеля эти токсичные соединения выбрасываются в атмосферу [3, 4].

Реакция горения смеси с определенным соотношением пропана (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) протекает по уравнениям (3), бутана (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) (4) [9 и 10]. Распыление СНГ в приемную трубу двигателя значительно увеличивает время смешивания с воздухом, поступающим в цилиндр, что приводит к полному сгоранию СНГ и уменьшению продуктов неполного сгорания.



При сгорании в двигателе смешанного топлива с определенным соотношением смесей (дизель-газ), количество образующихся CO<sub>2</sub>, CO и сажи (C) относительно невелико. Это связано с малым количеством низкомолекулярных углеводородов в составе СНГ и с тем, что молекулярный распад при сгорании происходит быстрее, чем у дизельного.

Система питания и программное обеспечение дополнительного оборудования газодизельного двигателя

Дополнительное оборудование, представленное на рис 1, для впрыска СНГ устанавливается к традиционной системе питания дизельного двигателя. Газо-дизельная топливная система питания топливом работает в двух режимах: «Дизель» и «Дизель-газ».

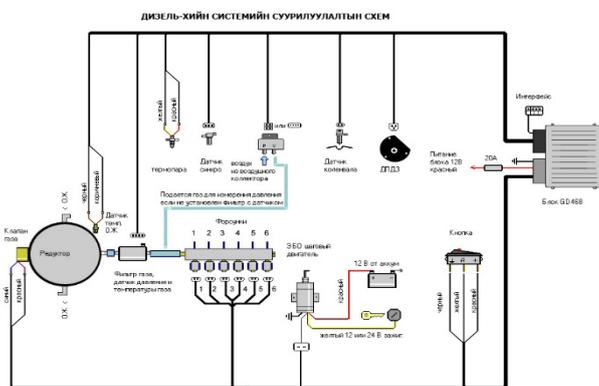


Рис. 1. Схема дополнительного оборудования питания

Путем внесения дополнительных корректировок в программу контроля регулируется количество распыляемого СНГ и соотношение удельного веса дизель-газового топлива. Как показано на рис. 2, время впрыска СНГ определяется в зависимости частотой вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя.

Минимальная продолжительность распыления СНГ должна быть не менее 2 мс, при обороте коленчатого вала 2000–2500 об/мин 12 мс и при 1500–2000 об/мин не более 14 мс. Это связано с тем, что максимальную продолжительность впрыска СНГ ограничивает вращение коленчатого вала двигателя и детонация двигателя.

Электронный блок ограничения (ЭБО) регулирует смещение штока шагового двигателя, изменяя вращение коленчатого вала двигателя. Например, смещение рычага на 1 см равно 1000 шагов двигателя. Максимальное смещение рычага шагового двигателя достигает 3 см. Как показано на рис. 3, программа настроена так, что при частоте вращения коленчатого вала двигателя более 1400 об/мин, соответствовало 1050 шагов или смещение 1,05 см шагового двигателя.

Подачу дизельного топлива регулируют равным по объему дополнительно опрыскиваемого СНГ, согласно диаграмме ограничения подачи, показанной на рис. 4.

37	8,8	мс	8,7	мс	8,8	мс	9,0
	0°C		0°C		0°C		0°C
25	6,8	мс	6,4	мс	6,8	мс	6,7
	0°C		0°C		0°C		0°C
12	5,4	мс	5,7	мс	5,3	мс	5,5
	0°C		0°C		0°C		0°C
0%	3,8	мс	3,9	мс	3,8	мс	3,8
			500		1000		1500

Рис. 2. Таблица настройки продолжительности впрыска СНГ в зависимости от вращения и нагрузки на коленчатый вал двигателя

Настройка	Установки	Коды ошибок	Журнал	Осциллограф	Блок ограничения
360, шаги					
Заглушено					0
от 600 об.					1100
от 800 об.					1100
от 1000 об.					1080
от 1200 об.					1060
от 1400 об.					1050
от 1600 об.					1040
от 1800 об.					1030
от 2000 об.					1020
от 2200 об.					1010
от 2400 об.					1000
Неограничено					2000

Рис. 3. Настройка электронного блока ограничения и шага двигателя



Рис. 4. Диаграмма ограничения подачи дизельного топлива в зависимости от вращения коленчатого вала

Результаты экспериментальных исследований сажеобразования в режиме смешанного топлива

Проведены ряды испытаний и экспериментов на двигателе автобуса марки DAEWOO BS-106 для определения оптимального соотношения количества дизельного топлива и СНГ, впрыскиваемого в камеру сгорания, а также для определения взаимосвязи между образованием сажи и частотой вращения двигателя при газодизельном смешанном режиме работы.

На рис. 5 представлены результаты измерения количества сажи при разных соотношениях дизели и газа в смеси, увеличивая частоту вращения коленчатого вала с 500 по 2200 об/мин.

На рис. 6 показана зависимость количества выбросов (сажи) от содержания СНГ в смеси при режиме двойного топлива, полученная на программе SPSS.

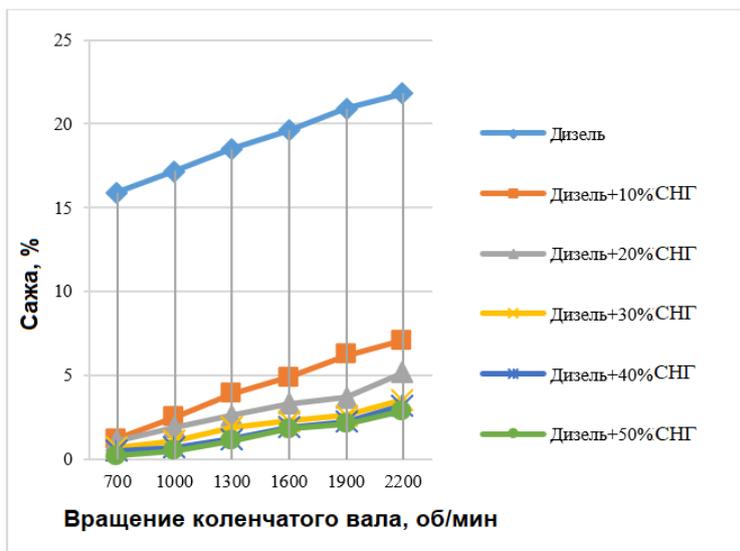


Рис. 5. Зависимость образования сажи от вращения коленчатого вала

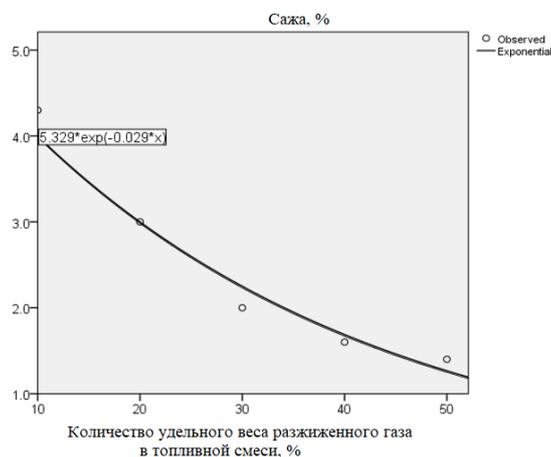


Рис. 6. Зависимость образования сажи от содержания массовой доли газового топлива в смещанном топливе дизель-газ

Результаты свидетельствуют, что зависимость между содержанием СНГ и количества выбросов — экспоненциальная.

Таблица 1. Результаты расчёта количества сажи в зависимости от содержания сжиженного газа в смеси

Модель	Результат модели			Рассчитанные параметры	
	R <sup>2</sup>	F	зависимость	Постоянная	b1
Экспоненциальная	0.906	28.79	0.013	5.0	-0.025

По мере увеличения доли высоко-октановых и низкоцетановых топлив в смеси количество сажи уменьшается, но при подаче СНГ выше 30 % наблюдались задержка воспламенения и явление детонации.

Результаты, полученные на программе SPSS, показывают, что зависимость количества выбросов смешанного топлива от частоты вращения двигателя имеет линейный характер (рис. 7).

Таблица 2. Количество образованной сажи в зависимости от вращения коленчатого вала

Модель	Результат модели			Рассчитанные параметры	
	R <sup>2</sup>	F	зависимость	Постоянная	b1
Линейная	0.996	1128.684	0.0	8.028	-0.002

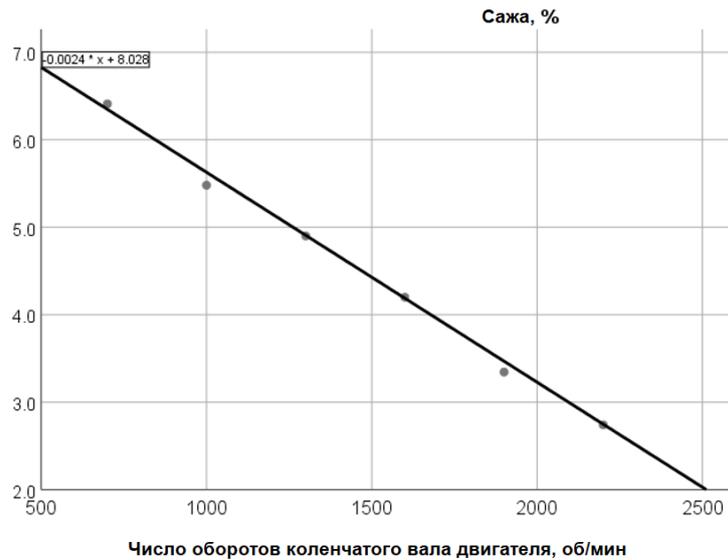


Рис. 7. Зависимость образования сажи от вращения коленчатого вала

В смешанном топливном режиме выбросы уменьшаются по мере увеличения частоты вращения коленчатого вала, что связано с ограничением подачи дизельного топлива и увеличением подачи СНГ.

#### ВЫВОД

При переводе автобуса Daewoo BS-106 на дизельно-газовый смешанный режим оптимальное весовое соотношение дизельного топлива и СНГ составляет 70:30.

Количество сажи в выхлопном газе не превышает 5 % при установленном нами оптимальном соотношении дизели и СНГ.

#### Литература:

1. Отчёт службы мониторинга качества воздуха
2. Б. Баярсурэн «Исследование некоторых критерий, влияющих на дизельный выхлопной газ», УБ: Докторская диссертация, 2004, — 10 с.
3. Звонов, В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. М. Машиностроение. 2011 г. 87с [52]
4. Deo Raj Tiwari. Gopal P. Sinha. Performance and Emission Study of LPG Diesel Dual Fuel Engine. International Journal of Engineering and Advanced Technology. Feb. 2014. ISSN: 2249–8958, Volume-3, Issue-3, pp.198–203
5. Ecopetrol, S.A Ecopetrol S. A. Instituto Colombiano del Petróleo, A.A., Exhaust emissions evaluation of Colombian commercial diesel fuels» 4185 Bucaramanga, Santander, Colombia, 2 Emissions Research and Measurement Division, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, (Received 29 May 2003; Accepted 4 November 2003) PP-21, 22.
6. Karim, G., An experimentation of some measurements for improving the performance of gas fueled diesel engine at light loads, 1998, SAE Transactions, 912366

## Выбор сечений жил кабельных линий при различных видах прокладки

Горбунов Роман Викторович, старший преподаватель;  
 Долгова Анастасия Евгеньевна, студент;  
 Кряжева Анастасия Андреевна, студент  
 Забайкальский государственный университет (г. Чита)

При прокладке или замене электропроводки (электросетей) в первую очередь требуется определить сечения для кабелей. От правильно подобранного сечения провода или жилы кабеля, зависят потери мощности в проектируемой сети, которые могут быть достаточно ощутимыми.

**Ключевые слова:** сечение проводов, электросеть, токовая нагрузка, напряжение сети, изоляция, потери мощности.

Провода и кабели, по которым проходит электрический ток являются основной частью электропроводки. Для надежной и безопасной эксплуатации необходимо правильно подобрать сечение кабеля, влияющее решающим образом на сопротивление. Чем меньше сечение жилы, тем больше сопротивление. Неправильный подбор сечения может привести к нагреву и потере напряжения:

$$\Delta P = I^2 R; \tag{1}$$

$$\Delta U = IR \tag{2}$$

В соответствии с ПУЭ осуществлять выбор сечений необходимо в зависимости от тока линии, способа прокладки и вида кабеля. Кабель меньшего сечения имеет большее со-

противление, это может привести к несвоевременному выходу из строя изоляции. Также неправильный выбор сечения может стать причиной пожара, который произойдет в результате плавления изоляции кабеля при его перегреве из-за высокой нагрузки. Завышенное сечение кабеля приведет к повышенным тратам на капитальные вложения.

При проектировании и подборе сечения учитываются основные критерии: величина токовой нагрузки, напряжение сети, падение напряжения в конце линии, материал и количество жил кабеля, тип изоляции и способ прокладки кабеля. В соответствии с этими критериями в ПУЭ приводится ряд таблиц: 1–3.

Рассмотрим выбор сечения по длительно допустимому току на примере части таблицы из ПУЭ — 1.

Таблица 1. Фрагмент таблицы выбора сечений кабеля в зависимости от тока потребителей

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей					четырёхжильных до 1 кВ
	одножильных до 1 кВ	двухжильных до 1 кВ	трехжильных, напряжением, кВ			
			до 3	6	10	
6	-	42	35	-	-	-
10	75	55	46	42	-	45
16	90	75	60	50	46	60
25	125	100	80	70	65	75

С данными по длительно допустимым токам для различных сечений в зависимости от типа кабеля (количество жил в одном кабеле), а также класса напряжения (от 0,4 до 10 кВ) определяется необходимый ряд.

При выборе сечений необходимо принимать во внимание поправочный или снижающий коэффициент. В качестве примера рассмотрим таблицу 2 ПУЭ:

В зависимости от типа кабеля (количество проводников), коэффициента использования, а также способа прокладки (множественным количеством кабелей) можно проследить изменение снижающего коэффициента.

Так же, как и для одиночных проводов и кабелей, приведенных открыто на воздухе, с применением снижа-

ющих (поправочных) коэффициентов, указанных в таблице 2, следует принимать допустимые длительные токи для кабелей и проводов, прокладываемых в коробах по таблице 3.

При выборе поправочных или снижающих коэффициентов контрольный и резервный провода и кабели не берутся во внимание.

Допустимые длительные токи на лотках провода и кабеля при однослойной прокладке (не в пучках) следует считать, как для проводов, протянутых в воздухе.

В среде Microsoft Excel была разработана программа для автоматизации выбора сечения проводников. Ниже приведен пример одной из расчетных таблиц для ка-

Таблица 2. Дополнительные коэффициенты, оказывающие влияние на конечную величину допустимого тока кабеля

Способ прокладки	Количество проложенных проводов и кабелей		Снижающий коэффициент для проводов, питающих	
	Одно-жильных	Много-жильных	отдельные электроприемники с коэффициентом использования до 0,7	группы электроприемников и отдельные приемники с коэффициентом использования более 0,7
Многослойно и пучками	-	до 4	1,0	-
	2	5-6	0,85	-
	3-9	7-9	0,75	-
	10-11	10-11	0,7	-
	12-14	12-14	0,65	-
	15-18	15-18	0,6	-
Однослойно	2-4	2-4	-	0,67
	5	5	-	0,6

белей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией

в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в воздухе:

Таблица 3. Интерфейс расчетной программы по выбору сечений

L (км)	I (А)	S <sub>1</sub> (мм <sup>2</sup> )	S <sub>2</sub> (мм <sup>2</sup> )	S <sub>3</sub> (мм <sup>2</sup> )	S <sub>4</sub> (мм <sup>2</sup> )	S <sub>5</sub> (мм <sup>2</sup> )	S <sub>6</sub> (мм <sup>2</sup> )	Γ <sub>0(4)</sub> (Ом)	X <sub>0(4)</sub> (Ом)	Γ <sub>0(5)</sub> (Ом)	X <sub>0(5)</sub> (Ом)	R <sub>4</sub> (Ом)	X <sub>4</sub> (Ом)	R <sub>5</sub> (Ом)	X <sub>5</sub> (Ом)
100	120	25	50	50	70	70	70	0,443	0,08	0,443	0,086	44,3	8	44,3	8,6

Программа осуществляет автоматический выбор сечения, расчет сопротивлений с учетом входных данных — тока и длины линии, а также облегчает и ускоряет вычисления всех параметров (S, R, X) при любом количестве вариаций входных данных (L, I).

В рамках работы мы рассмотрели несколько примеров таблиц из ПУЭ и выявили от чего зависит се-

чение проводов и кабелей. Также, в рамках работы, была разработана программа для расчета сечений с учетом входных данных. Полученные таким образом значения сечения кабеля позволят создать электропроводку, которая будет служить на протяжении долгого периода времени без возникновения внештатных или аварийных ситуаций.

Литература:

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ. 7-е изд.). — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. — 464 с.;
2. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудованию / Под ред. Ю. Б. Барыбина и др. — М.: Энергоатомиздат, 1991. (Электроустановки промышленных предприятий) / Под общ. ред. Ю. Н. Тищенко и др.

## Влияние состояния поверхности подземной воды на десорбцию углекислого газа

Жулин Александр Гаврилович, кандидат технических наук, доцент;  
 Курбанов Азамат Шухратович, студент магистратуры;  
 Белова Лариса Владимировна, кандидат технических наук, доцент  
 Тюменский индустриальный университет

*Снижение содержания углекислого газа в процессе улучшения качественных показателей подземной воды способствует эффективной работе сооружений водоподготовки и предотвращению коррозионных явлений трубопроводов. Десорбция газа из подземной воды в процессе дегазации зависит от коэффициента диффузии и состояния пограничного слоя на границе вода-воздух. В общем случае в процессе эксплуатации сооружений по снижению углекислого газа возможны варианты слабой и активной турбулизации потока, соответственно, изменения состояния поверхности воды. Проведены сравнительные исследования по десорбции углекислого газа из покоящегося и перемешиваемого объёма воды.*

**Ключевые слова:** подземная вода, углекислый газ, диффузия, десорбция, коэффициент десорбции.

В технологических схемах обезжелезивания подземной воды в режиме малой или глубокой аэрации применяются контактные резервуары с различной продолжительностью воды, после насыщения воды кислородом воздуха, кроме создания условий для окисления двухвалентного железа, они выполняют роль и десорбера углекислого газа (CO<sub>2</sub>).

В зависимости от скорости движения воды (фактор принятой продолжительности пребывания) в контактном резервуаре наблюдается ламинарный или турбулентный режим. В основе всех массообменных процессов лежит диффузия распределяемого вещества внутри фазы и через границу раздела фаз. Десорбции углекислоты из объёма воды может происходить в процессе молекулярной, конвективной или совместной диффузии.

Молекулярная диффузия характерна для неподвижной или ламинарно перемещаемой среды. При ламинарном режиме, изменения поверхности потока не-

значительны, доминирующим процессом десорбции CO<sub>2</sub> является диффузия, при турбулентном режиме в процесс дополнительно включается конвективная диффузия.

Молекулярная диффузия, происходящая в неподвижной среде, протекает весьма медленно. В движущейся среде диффузия — конвективная, углекислый газ переходит из воды не только вследствие молекулярного движения, но и переноса при движении объёма воды относительно воздушной среды [1]. При турбулизации потока в результате пульсации скоростей в объёме жидкой фазы осуществляется перемещение CO<sub>2</sub> во всех направлениях с выравниванием концентрации.

Конвективный перенос под действием турбулентных пульсаций называют турбулентной диффузией в этом случае десорбция осуществляется молекулярной и турбулентной диффузией (рис. 1), общий коэффициент диффузии  $D_{общ} = D_m + D_{мол}$  [2].

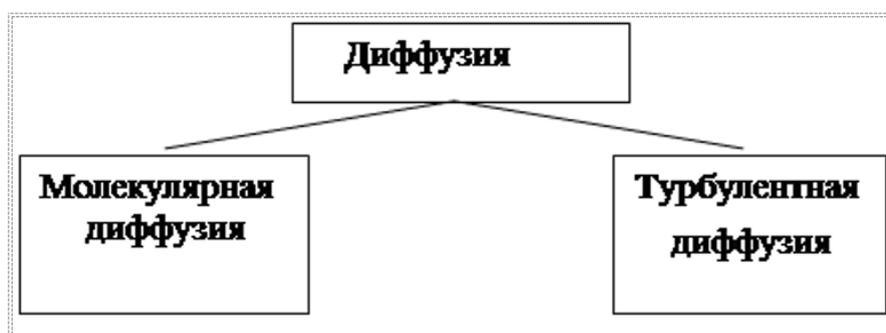


Рис. 1. Диффузии в турбулентном потоке

Процесс десорбции CO<sub>2</sub> можно ускорить взаимным перемещением фаз включив в работу механизм конвективного переноса молекул. В этом случае концентрация CO<sub>2</sub> в объёме воды быстро выравнивается за счет турбулентной и вихревой диффузии, а процесс молекулярной диффузии будет лимитировать скорость переноса молекул только в очень тонком пограничном слое, вблизи границы раздела фаз турбулентность за-

тухает, и молекулярная диффузия становится преобладающей.

В литературе данные по эффективности десорбции CO<sub>2</sub> при наличии контактного резервуара в схеме обработки воды и режима движения воды в нём не приводятся.

В цели исследования входило определение процесса снижения содержания углекислоты в статическом (аналог ламинарного движения) и динамическом режиме.

### Методика исследований

В исследовании удаление из воды свободного углекислого газа обеспечивается прямым контактом воды с воздухом. Продолжительности контакта воды и воздуха сориентированы на пребывание воды в контактных резервуарах действующих станций обезжелезивания [3, 4, 5], с поддержанием постоянной температуры.

Концентрация углекислоты определяется методом прямого титрования и рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{CO}_2} = \frac{44 \times n \times N \times 1000}{V} = \frac{4400 \times n}{V}$$

где: 44 — эквивалент  $\text{CO}_2$ , соответствующий 1 мг-экв  $\text{NaOH}$ ;  $n$  — объем раствора  $\text{NaOH}$ , израсходованный на титрование, мл;  $N = 0,1$  — нормальность раствора  $\text{NaOH}$ ;  $V$  — объем воды, взятый для определения,  $\text{см}^3$ .

Для проведения испытаний использовались емкости с одинаковой площадью ( $0,02 \text{ м}^2$ ), но разными глубинами (3, 4,5, 6 и 9,3 см) по 5 шт. каждая. В емкости заливалась вода вровень с верхними краями и через заданное время производились замеры концентрации углекислоты.

Динамический режим в исследовании создавался лопастной мешалкой с одинаковой скоростью вращения (40 об/мин), для всех принимаемых объемов воды.

Замеры углекислоты в статическом и динамическом режиме проводились через 15, 30, 60, 90 и 120 минут.

Исследования проводились с подземной водой из скважин «ЦВМиР Сибирь» — исходная концентрация углекислоты  $88 \text{ мг/дм}^3$  и Велижанского водозабора Тю-

менского района Тюменской области концентрация углекислоты  $137 \text{ мг/дм}^3$ , температура подземной воды  $6-8 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Результаты исследований

По результатам проведенных измерений построены графики зависимости снижения содержания углекислоты от продолжительности контакта воды в статических и динамических условиях, также представлено влияние высоты слоя воды.

Зависимость снижения содержания углекислоты от продолжительности контакта воды с воздухом в статических условиях представлены на рис. 2 и 3.

Приведенные выше кривые десорбции имеют характерный первоначальный ускоренный процесс, наличие которого следует связывать с падением давления в процессе извлечения воды из водоносного горизонта [7] и относительно высокими значениями движущей силы процесса. При стабилизации или достижении атмосферного давления в неподвижном слое десорбция связывается с молекулярной диффузией. Кривую десорбции углекислоты в общем виде можно разбить на три участка:

- 1 — резкое снижение концентрации (зависит от давления в водоносном пласте и характерного содержания  $\text{CO}_2$  — как природный фактор);
- 2 — плавное понижение концентраций, связанное с диффузионным процессом;
- 3 — незначительное снижение концентрации ввиду малой величины движущей силы, обусловленной низкой разностью содержаний  $\text{CO}_2$  в воде и воздухе.

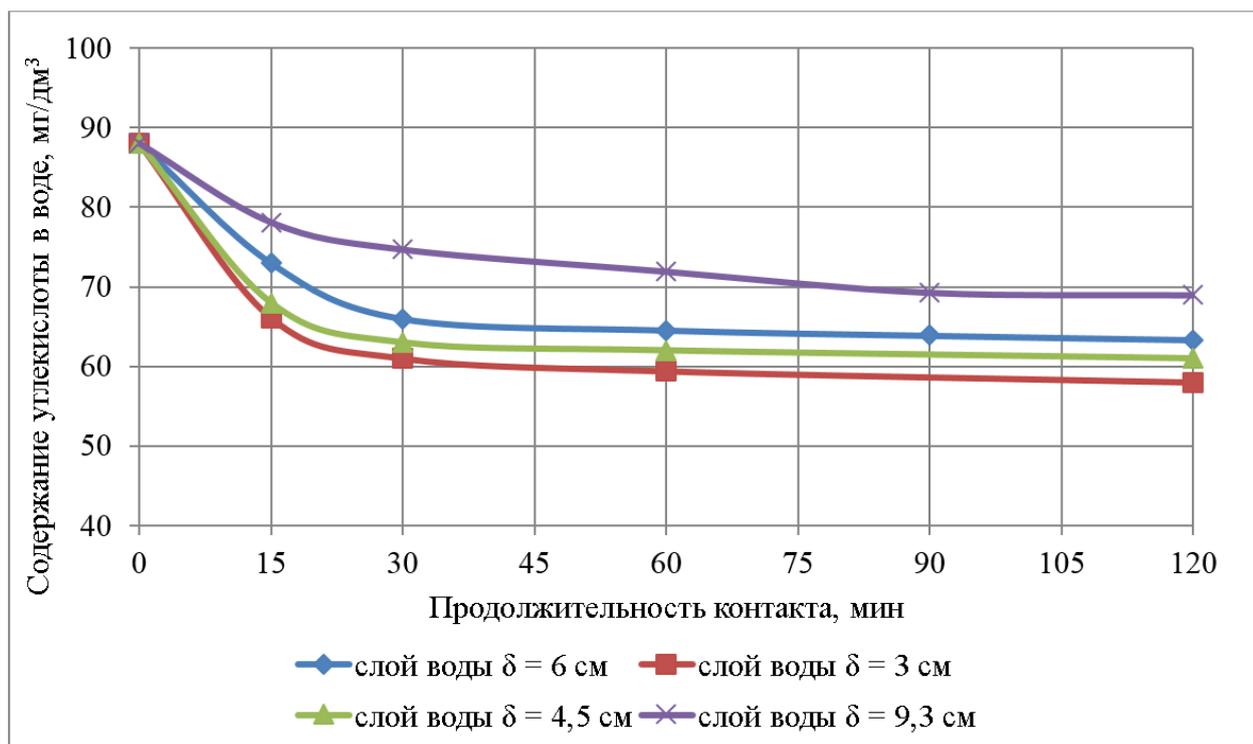


Рис. 2. Зависимость снижения содержания углекислоты от продолжительности контакта воды с воздухом в неподвижном слое,  $\text{CO}_2_{\text{исх}} = 88 \text{ мг/дм}^3$

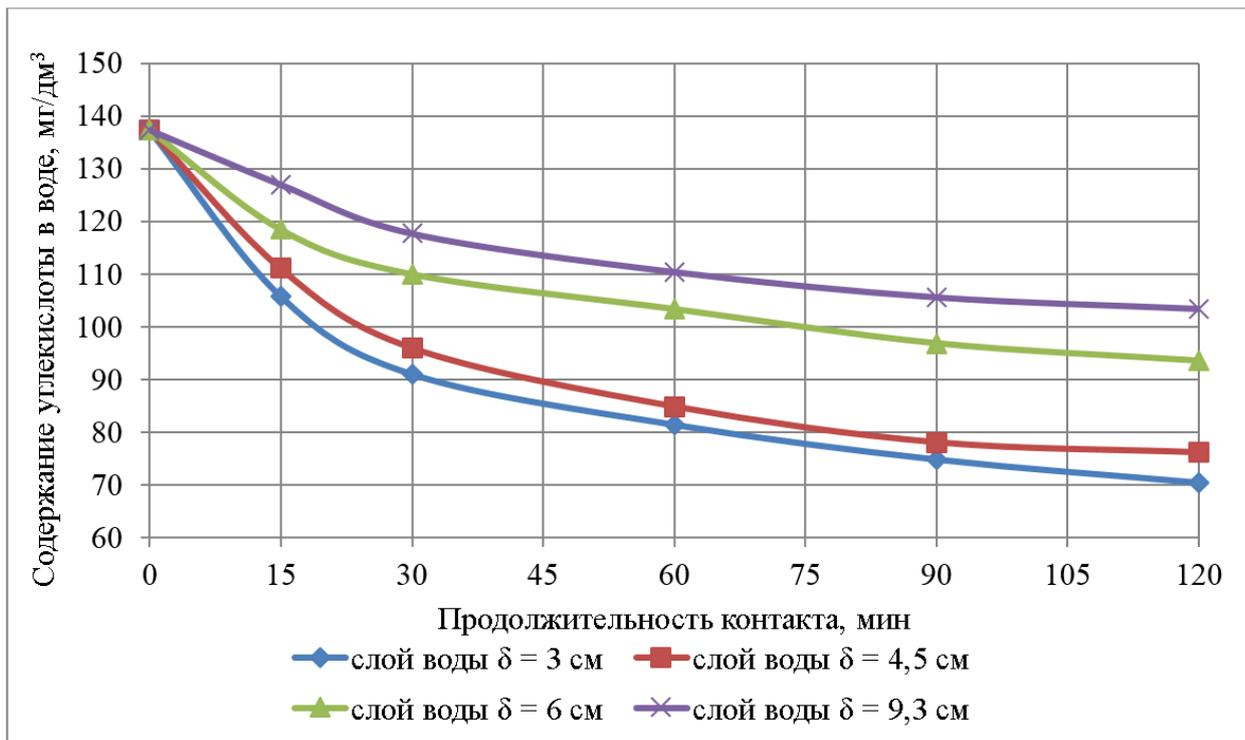


Рис. 3. Зависимость снижения содержания углекислоты от продолжительности контакта воды с воздухом в неподвижном слое,  $CO_{2\text{исх}} = 88 \text{ мг/дм}^3$

Влияние на снижения содержания углекислоты вы- соты слоя воды в статических условиях представлено на рис. 4 и 5.

При турбулизации объёма воды в верхних слоях про- цесс обновления пограничного слоя протекает непре-

рывно, соответственно, сопротивление десорбции угле- кислоты происходит более активно (рис. 6 и 7). Особенно это хорошо наблюдается при снижении значения дви- жущей силы процесса десорбции.

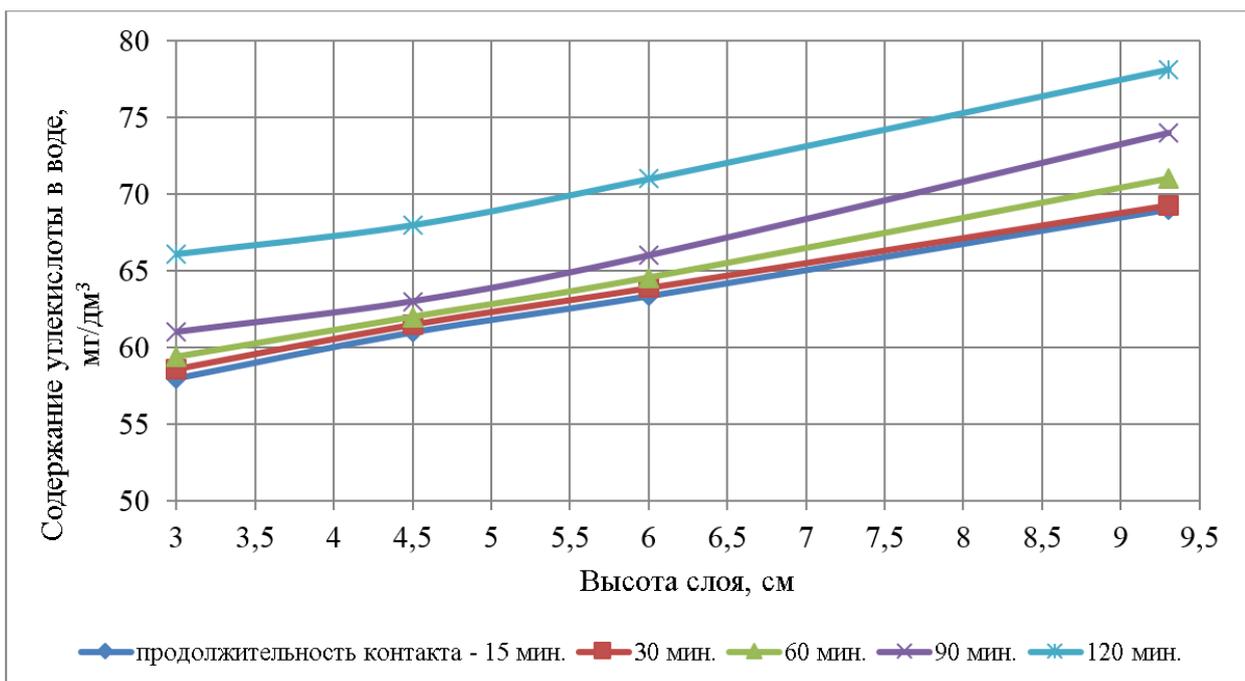


Рис. 4. Снижение содержания углекислоты в зависимости от высоты слоя воды в статических условиях,  $CO_{2\text{исх}} = 88 \text{ мг/дм}^3$

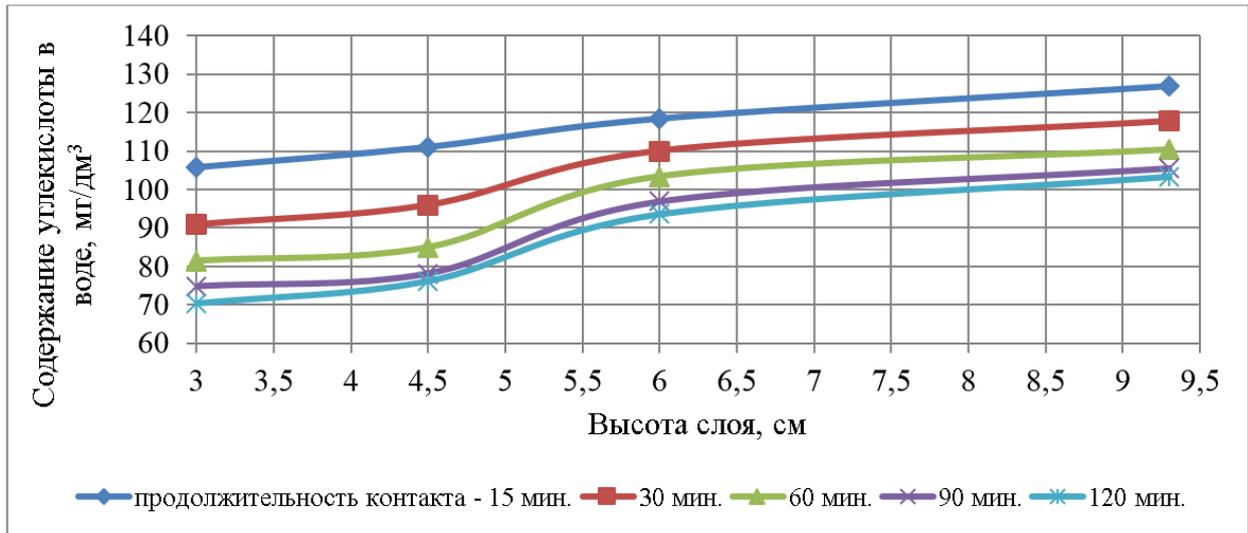


Рис. 5. Снижения содержания углекислоты в зависимости от высоты слоя воды в статических условиях,  $CO_2_{исх} = 137 \text{ мг/дм}^3$

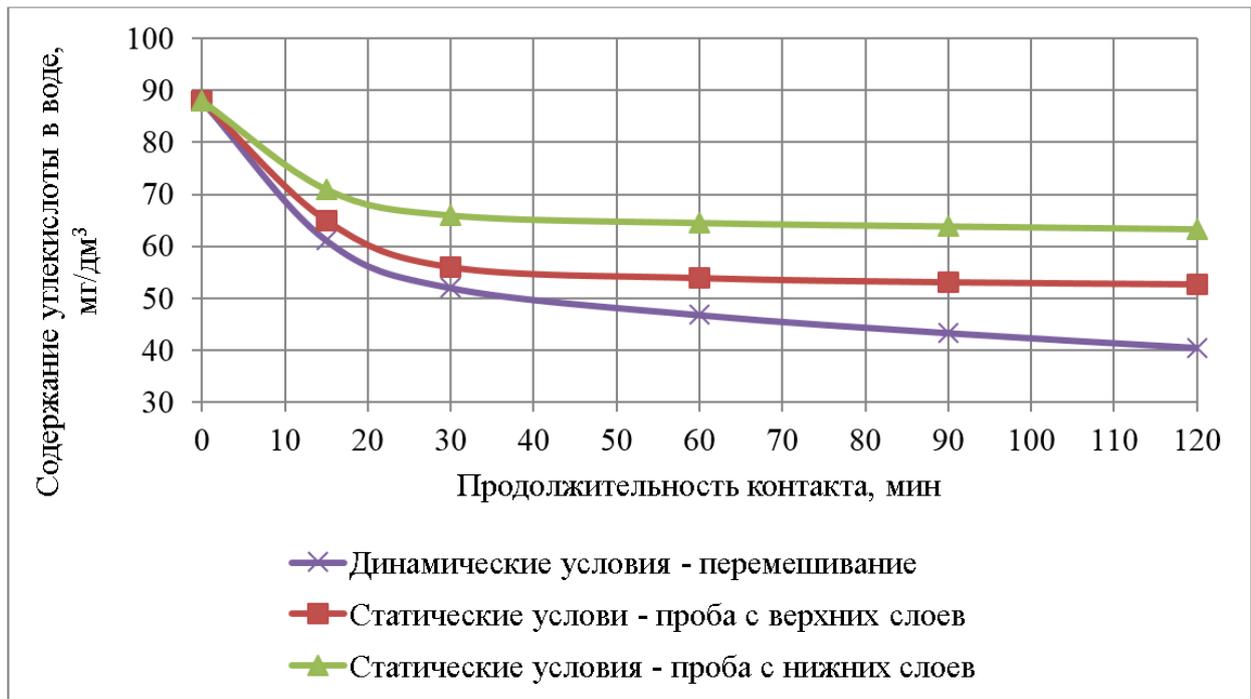


Рис. 6. Снижение содержания углекислоты в статических и динамических условиях, высота слоя 6 см,  $CO_2_{исх} = 88 \text{ мг/дм}^3$

При перемешивании скорость десорбции увеличивается, это связано с уменьшением толщины и разрывом пограничного слоя и, соответственно, перенос газа увеличивается за счёт конвективной диффузии.

Выводы:

— десорбция углекислоты из неподвижного слоя жидкости происходит медленно;

— с увеличением высоты слоя воды остаточное содержание углекислоты выше по сравнению с малыми высотами;

— турбулизация объёма воды способствует более высокому эффекту снижения содержания углекислоты (увеличивается на 35 %).

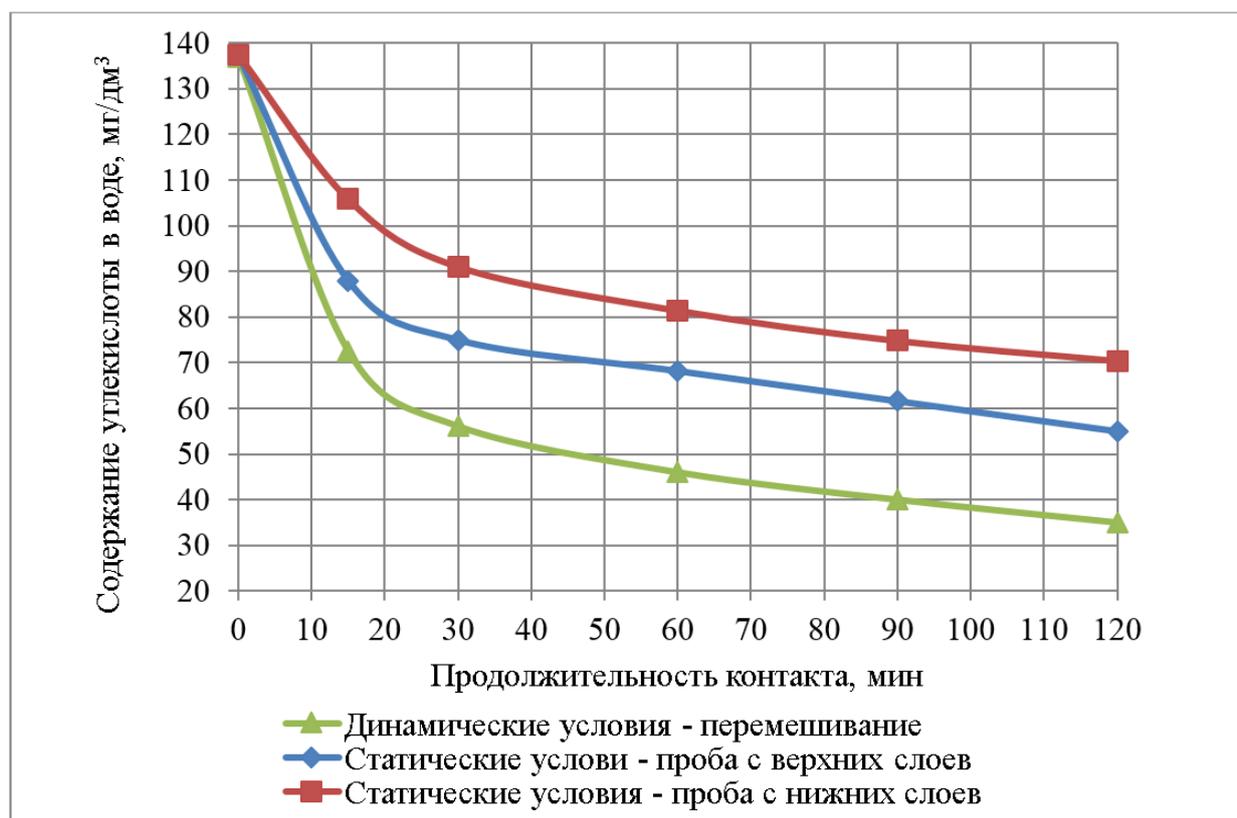


Рис. 7. Снижение содержания углекислоты в статических и динамических условиях, высота слоя 3 см,  $CO_2_{исх} = 137 \text{ мг/дм}^3$

Литература:

1. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. - Москва: Госхимиздат, 1961. -832 с.
2. Франк-Каменецкий, Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике / Д. А. Франк-Каменецкий. - Москва: Наука, 1987. -502 с.
3. Румянцева, Л. П. Брызгальные установки для обезжелезивания воды / Л. П. Румянцева. - Москва: Стройиздат, 1973. -104 с.
4. Клячко, В. А. Очистка природных вод / В. А. Клячко, И. Э. Апельцин. - Москва: Стройиздат, 1971. 560 с. -560 с.
5. Кастальский, А. А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения / А. А. Кастальский, Д. М. Минц. - Москва: Высшая школа, 1962. -559 с.
6. Белан, А. Е. Технология водоснабжения / А. Е. Белан. - Киев: Наукова думка, 1985. -264 с.
7. Линевич, С. Н. Комплексная обработка и рациональное использование сероводородсодержащих природных и сточных вод [Текст] / С. Н. Линевич. — М.: Стройиздат, 1987. — 88 с.

## Исследования по снижению содержания углекислоты из подземной воды в зависимости от формы отверстия и высоты излива

Жулин Александр Гаврилович, кандидат технических наук, доцент;  
Насрутдинов Артур Газинурович, студент магистратуры;  
Белова Лариса Владимировна, кандидат технических наук, доцент  
Тюменский индустриальный университет

На ряде станций обезжелезивания снижение содержания углекислоты и обогащение кислородом подземной воды осуществляется изливом через насадки или отверстия. Данные по возможным эффектам снижения содержания углекислоты от исходного содержания и типа отверстия излива в литературе отражены в недостаточном объёме. Проведены экспериментальные исследования по выявлению эффективности снижения содержания углекислоты при изливе подземной воды из отверстий различной конфигурации одинаковой площади, располагаемых на изменяемой высоте относительно уровня воды в приёмной ёмкости. Приведены значения эффективности удаления углекислоты для переменных условиях экспериментов.

**Ключевые слова:** свободная углекислота, экспериментальная установка, конфигурация отверстий, высота излива, эффективность десорбции.

В подземной воде источников хозяйственно-питьевого назначения всегда присутствуют газы в растворённой или свободной форме [1], в частности для Тюменского региона характерно наличие угольной кислоты. Угольная кислота в подземной воде может находиться в трёх видах:

- связанном — карбонаты кальция и магния;
- полусвязанном — бикарбонаты кальция и магния;
- свободном — в газообразном состоянии ( $\text{CO}_2$ ),

агрессивная.

Агрессивная углекислота действует корродирующе на бетон, металлические элементы системы водоснабжения [2] и снижает эффективность удаления растворимых соединений железа и марганца. Большие количества агрессивной углекислоты характерны для мягких подземных вод региона.

Снижение содержания углекислоты в воде может быть осуществлено физическими и химическими методами. В практике хозяйственно-питьевого водоснабжения отдаётся предпочтение физическим методам, в частности аэрации.

Аэрация подземной воды перед водоподготовкой и последующей подачей в водопроводную сеть может проводиться:

- разбрызгиванием воды;
- изливом;
- барботажем;
- эжектированием - введением воздуха в воду за счет перепада давления;
- вводом воздуха перед смесителем компрессором;
- разбрызгиванием в вакууме.

Методы предусматривают увеличение площади контакта воды с воздухом, что повышает эффективность снижения содержания углекислоты из воды.

В литературных источниках данные по десорбции угольной кислоты из подземной воды при разбрызгивании и изливе из отверстий представлены в недостаточном объёме. Результаты исследований по снижению содержания углекислоты при изливе воды из отверстий диаметром 6,4 мм с высоты 1,5 м приведены на рис. 1 [3].

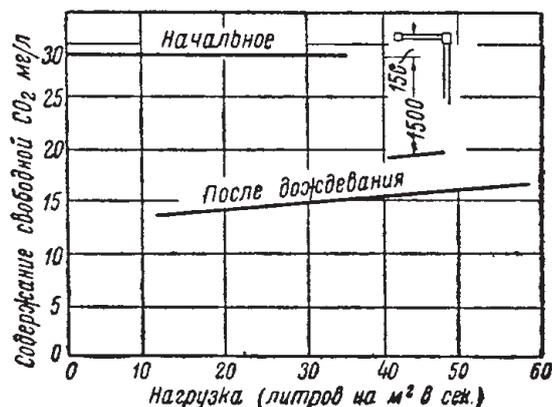


Рис. 1. Изменение содержания углекислоты в воде при изливе из отверстий

Авторы отмечают, что при разбрызгивании через сопла направленные вверх выделяется больше углекислоты, чем при движении струи сверху вниз, так как в этом случае при разбрызгивании воды происходит саморазбрызгивание, с увеличением площади контакта воды с воздухом и продолжительность пребывания капель в нём [3].

Исследования по истечению воды из отверстий круглой формы с определением необходимой площади контакта с воздухом при изливе с различной высоты

в зависимости от температуры исходной воды было осуществлено Л. П. Румянцевой [4].

В практике подготовки воды при её обезжелезивании применяется разбрызгивание (г. Калининград) через специальные сопла (рис. 2) [4], но большее распространение получил излив воды из отверстий над контактным резервуаром и непосредственно на поверхность воды фильтра обезжелезивания (рис. 3, 4).

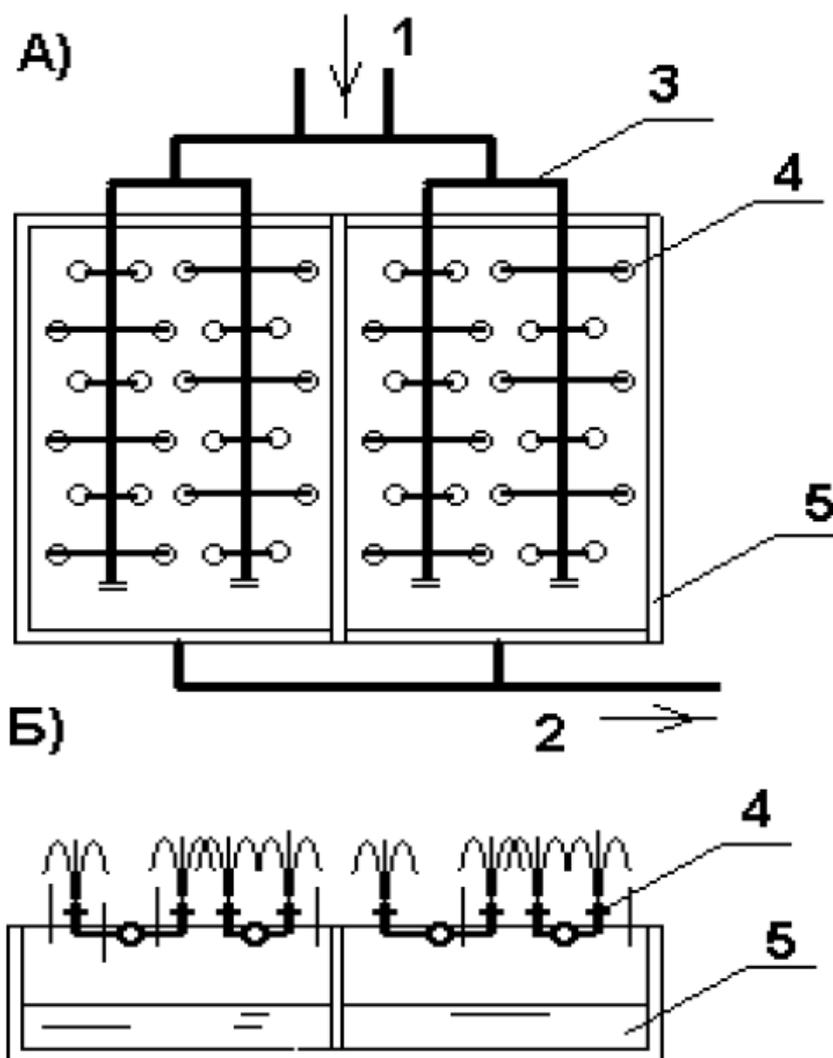


Рис. 2. Аэрационный бассейн: А) план; Б) разрез; 1 — вода от скважин; 2 — на сооружения очистки воды; 3 — водораспределитель; 4 — сопло; 5 — водосборный бассейн

Связано это с меньшими капитальными затратами, в отсутствии необходимой дополнительной площади сооружений, и малой гидравлической нагрузкой на аэрационный бассейн (не превышает 1,2–1,5 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·ч [5]).

Проведены исследования по выявлению эффективности удаления углекислоты при истечении подземной воды с различной исходной концентрацией углекислоты в воде ( $C_{исх}$ ) из отверстий, отличающихся конфигурацией и расположенных на переменных высотах (h).

#### Методика исследований

Экспериментальная установка - на стальной трубе длиной 2,5 м (рис. 5), установленной вертикально и закрепленной на основание, с помощью хомутов с резиновыми прокладками закреплена перемещаемая по вертикали емкость исходной воды объемом 10 л, с высотой слоя воды 0,32 м. К емкости присоединена система отводов из пластмассовых труб с регулировочными кранами и с насадками истечения различной конфигурации на концах.

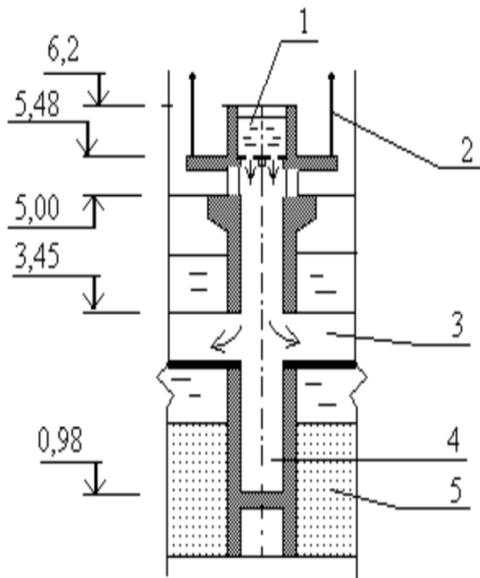


Рис. 3. Излив над центральным каналом фильтра обезжелезивания (г. Тула): 1 — аэрационный лоток; 2 — мостик для оператора; 3 — желоб; 4 — центральный канал; 5 — фильтрующая загрузка

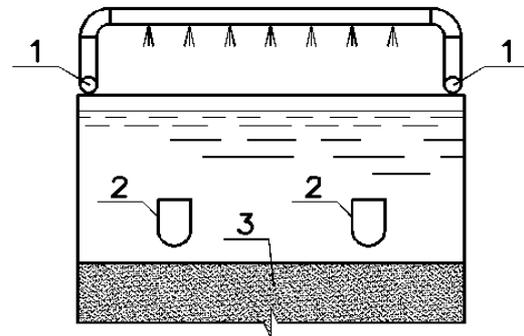


Рис. 4. Излив исходной воды над фильтром: 1 — подача исходной воды; 2 — желоб; 3 — загрузка фильтра

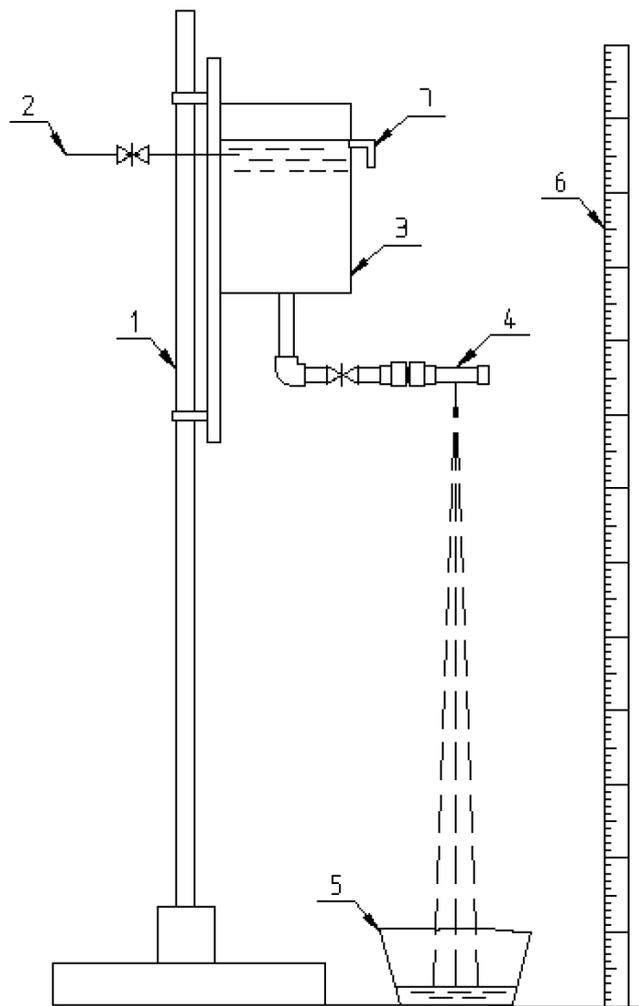


Рис. 5. Схема экспериментальной установки: 1 — штатив с хомутами для регулирования высоты; 2 — подача исходной воды; 3 — емкость с постоянным уровнем воды; 4 — насадки с отверстиями; 5 — сборная емкость; 6 — линейка; 7 — перелив

Насадки одинаковой площади имеют отверстия различной конфигурации (рис. 6): Круглое диаметром 10 мм; Щелевое шириной 5 мм; Крестообразное с шириной щели 5 мм.

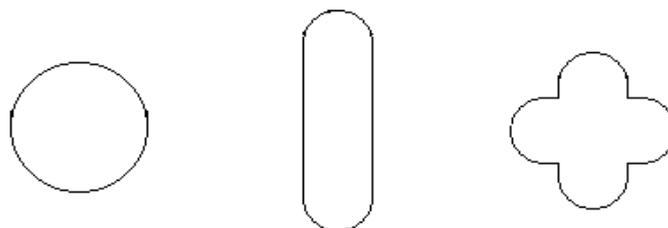


Рис. 6. Схема отверстий

Высота излива из отверстий составляла: 0,5, 1,0, 1,5 и 2,0 м.

Содержание исходной углекислоты в подземной воде объектов исследования составили 88 мг/дм<sup>3</sup> (санаторий «Сибирь») и 137 мг/дм<sup>3</sup> (Велижанский водозабор ООО «Тюмень Водоканал»), температура воды - 6–8 °С. Определение содержания углекислоты в исходной воде и после излива осуществлялось согласно методике «Качество воды. Методика выполнения измерений содержания сво-

бодной углекислоты в пробах питьевых и природных вод. Титриметрический метод. ЦВ 1.01.17–2004» аттестована в соответствии с ГОСТ Р 8.563–96.

**Результаты исследований**

Характер изменения содержания CO<sub>2</sub> независимо от первоначального количества и высоты излива одинаков для рассматриваемых случаев и в частном случае может быть описан степенным уравнением (рис. 7, 8).

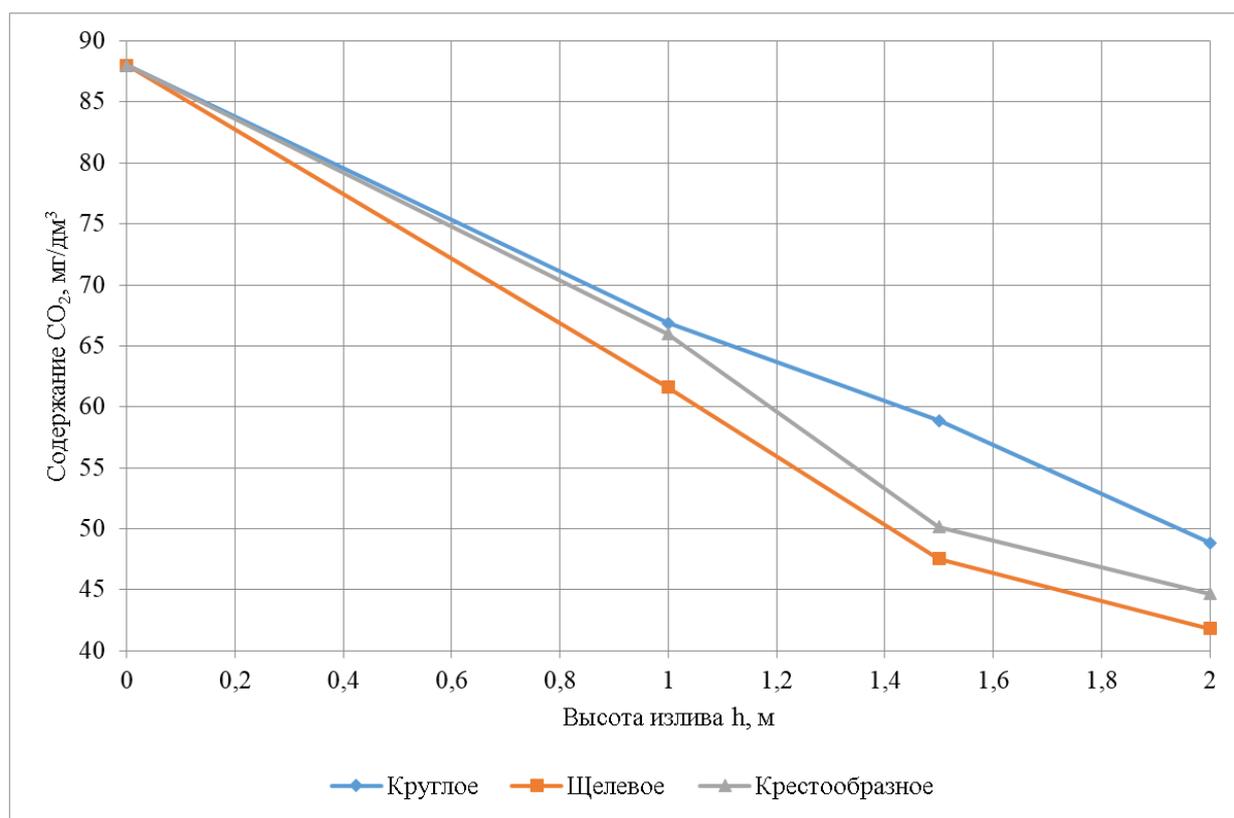


Рис. 7. График снижения содержания углекислоты из подземной воды при CO<sub>2</sub> <sub>исх</sub> = 88 мг/дм<sup>3</sup> для различных форм отверстий и высоты излива

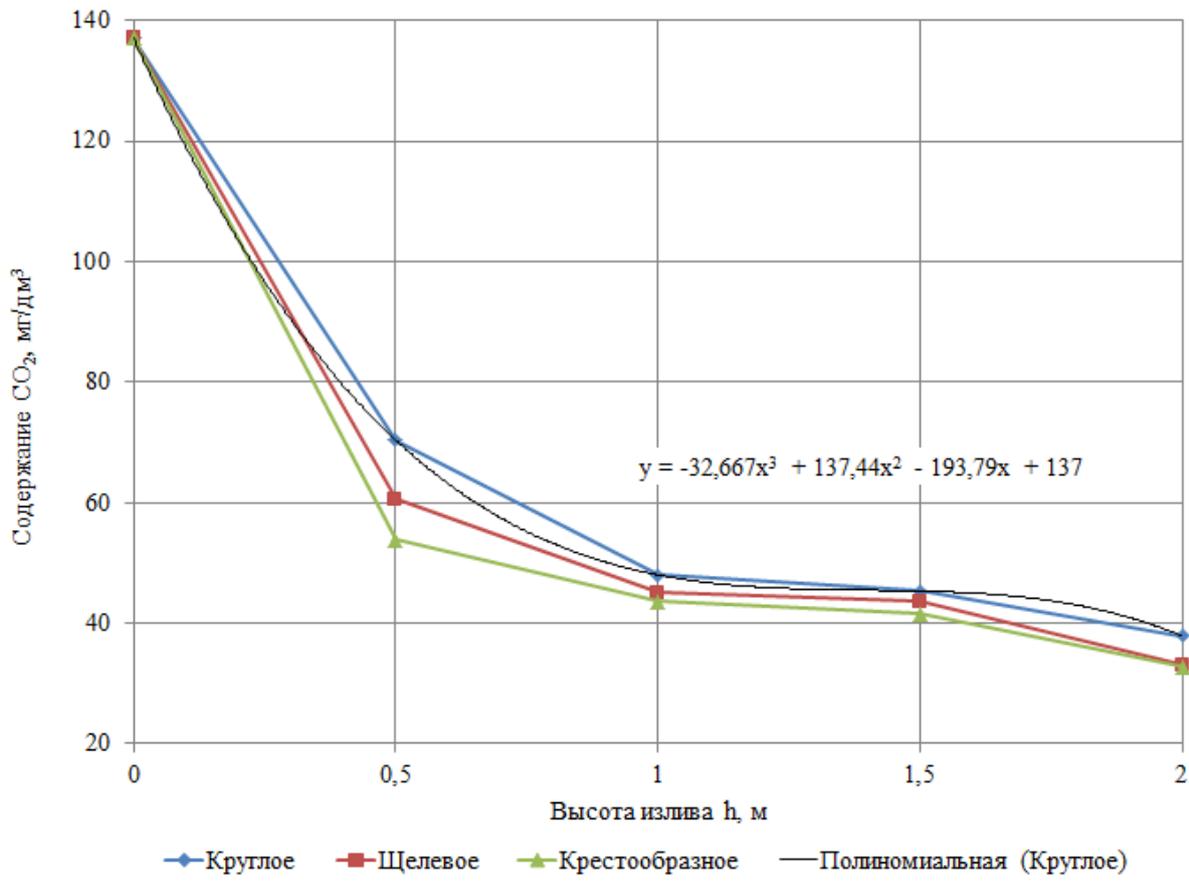


Рис. 8. График снижения содержания углекислоты из подземной воды при CO<sub>2</sub> исх = 137 мг/дм³ для различных форм отверстий и высоты излива

Эффективность десорбции для разной конфигурации отверстий отличаются при высоте излива 0,5 м, а с дальнейшим увеличением высоты отклонения незначительны и она может быть принята постоянной таблица 1.

Таблица 1

Высота излива, м	Эффективность удаления углекислоты, %					
	Содержание в исходной воде CO <sub>2</sub> = 88,0 мг/дм³			Содержание в исходной воде CO <sub>2</sub> = 137,0 мг/дм³		
	круглое	щелевое	крестообразное	круглое	щелевое	крестообразное
0,5	-	-	-	49	56	61
1	24	25	30	65	67	68
1,5	34	43	46	67	68	70
2	45	49	53	72	76	76

Максимальная эффективность удаления углекислоты составила 76 % при высоте излива 2,0 м, при этом форма отверстий не имела значение. При падении воды с высоты 2,0 м струя теряя правильную конфигурацию, в связи со значительным дроблением, переходит в капли неопределенных размеров, что в конечном итоге способствует увеличению поверхности контакта воды с воздухом.

**Выводы:**

— при малой высоте излива эффективность зависит от формы отверстий;

— при высоте излива 2,0 м форма отверстий роли не имеет значение, и максимальная эффективность десорбции составляет 76 %;

— по результатам экспериментов было выявлено, что наибольшую степень удаления углекислоты из воды при равных площадях имеет отверстие крестообразной формы, меньше щелевое и еще меньше круглое. Данные результаты можно объяснить тем, что у крестообразного отверстия наблюдалась большая раздробленность потока, чем у отверстий других форм.

## Литература:

1. Никоноров, А. М. Гидрохимия: Учебник— 2-е изд., перераб. и доп. / А. М. Никоноров. — Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2001. — 444 с.
2. Николадзе, Г. И. Водоснабжение / Г. И. Николадзе, М. А. Сомов. — Москва: Стройиздат, 1995. — 688 с.
3. Азерьер, С. Х. Водоснабжение на железнодорожном транспорте, том 2 / С. Х. Азерьер, Е. Ф. Тебенихин. — Москва: Трансжелдориздат, 1940. — 509 с.
4. Румянцева, Л. П. Брызгальные установки для обезжелезивания воды / Л. П. Румянцева. — Москва: Стройиздат, 1973. — 104 с.
5. Кулаков, В. В. Обезжелезивание и деманганация подземных вод: Учебное пособие / Кулаков В. В., Сошников Е. В., Чайковский Г. П. — Хабаровск: ДВГУПС, 1998. — 100 с.

## Теплоизоляционные материалы ограждающих конструкций наружных систем утепления

Иванова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент;  
Колесникова Людмила Григорьевна, старший преподаватель  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*В статье рассмотрены теплоизоляционные материалы систем ограждающих конструкций, используемых в нашей стране. Каждый материал имеет свои особенности, достоинства и недостатки, имеет области наиболее эффективного применения. Проведена выборка современных теплоизоляционных материалов и их основных характеристик. Выбор теплоизоляционных материалов для наружных систем утепления проводится на основе сравнительного анализа показателей свойств, значимых для конкретной ограждающей конструкции.*

**Ключевые слова:** теплоизоляционные материалы, утеплитель, штукатурные системы, вентилируемый фасад, эксплуатация зданий

**С**роки эксплуатации зданий определяются сроком службы:

- материалов, из которых они построены;
- материалов-утеплителей, использованных в ограждающих конструкциях;
- самих ограждающих конструкций.

По ГОСТ 27751–2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» рекомендуемые сроки службы зданий и сооружений для:

- массового строительства в обычных условиях эксплуатации — не менее 50 лет;
- уникальные — 100 лет и более.

Проблема массового производства эффективного, долговечного и безопасного материала для ограждающей конструкции с приемлемой себестоимостью требует определенного решения.

Роль теплоизоляционного материала постоянно повышается, в связи с общей тенденцией к снижению тепловых потерь и экономии энергоресурсов.

Опыт строительства и эксплуатации зданий последних лет показал, что наименее изученным является вопрос долговечности теплоизоляционного материала в многослойном ограждении.

По возможности нужно отказаться от трехслойных панелей с внутренним расположением утепляющего

слоя, так как расположение утеплителя внутри ограждающей конструкции, требует устройства вентилируемой воздушной прослойки между утеплителем и наружным слоем стены, для обеспечения отвода влаги от несущей части ограждающей конструкции [1].

Утеплителя нет установленного нормативного срока службы для конкретных климатических условий и заданных режимов эксплуатации.

Еще с середины прошлого века в России применяли теплоизоляцию ограждающих конструкций, используя в качестве утеплителя: мох, торф, опилки, керамзит, шлак и полистирол. В настоящее время их заменили современные утеплители: минеральная вата, пеностекло, экструдированный пенополистирол.

На российском рынке широко известны строительные теплоизоляционные материалы на основе минеральных волокон и плиты теплоизоляционные из пенопласта. В РФ работает более 200 предприятий по производству теплоизоляционных материалов мощностью около 15 млн. м<sup>3</sup> в год.

Теплоизоляционные материалы из пенопласта обладают хорошими теплотехническими показателями, но имеют весьма низкий коэффициент паропроницаемости, а проблемы долговечности, пожарной и экологической безопасности ставят под сомнение целесообразность его

применения [2]. Отсутствие паропроницаемости ведет к повышению влажности материалов, из которых состоит ограждающая конструкция, вызывает повышение ее теплопроводности и исключает сохранение ее во времени [3].

Требования по долговечности, пожарной и экологической безопасности удовлетворяют теплоизоляционные материалы на основе минеральных волокон, но они имеют высокую стоимость.

Соблюдение норм проектирования ограждающих конструкций не является гарантией их эксплуатационной надежности.

Эксплуатация теплоизоляционных материалов накладывает на утеплитель дополнительные ограничения, определяемые как нормирующие показатели. Например,

содержание влаги в теплоизоляционном материале активно влияет на его эксплуатационные характеристики и долговечность [4].

В ограждающих конструкциях применяют следующие системы утепления:

- наружное утепление (вентилируемые фасады, оштукатуренные фасады)
- утепление внутри конструкции (трехслойные панели, сэндвич панели)
- внутреннее утепление стен (пеностекло, маты и плиты из штапельного волокна, штукатурка из цементно-перлитового раствора и др.)

К системам наружного утепления ограждающей конструкции относятся:

- Система с оштукатуриванием фасада (рис. 1).

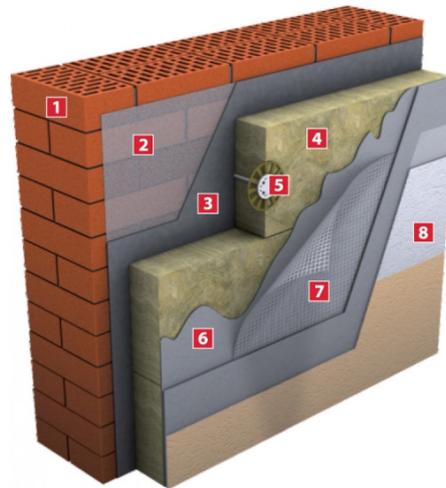


Рис. 1. Основные элементы штукатурной системы: 1 — кирпичная стена; 2 — упрочняющая грунтовка; 3 — клеевой состав; 4 — утеплитель; 5 — фасадный дюбель; 6 — защитное покрытие; 7 — армирующая сетка; 8 — декоративное покрытие

Легко монтируется на зданиях сложных архитектурных форм, более экономичная, позволяет разнообразить внешний декоративный слой цветом и фактурой.

- Система вентилируемого фасада (рис. 2).

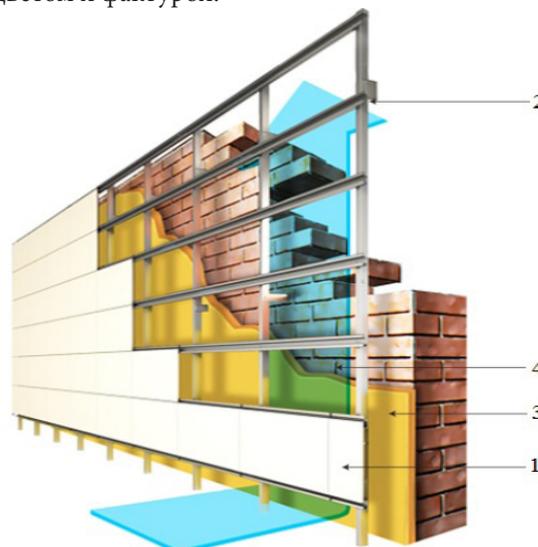


Рис. 2. Конструкция вентилируемого фасада: 1 — облицовка; 2 — металлический каркас; 3 — утеплитель; 4 — вентиляционный зазор

Легко исправить повреждения, возникающие при монтаже и эксплуатации зданий и сооружений. Данная система позволяет производить монтаж круглогодично, без применения систем подогрева

Для наружных систем утепления толщина ограждающей конструкции назначается, исходя из требований прочности. Толщина утеплителя должна быть такой, чтобы зоны конденсации влаги и основного перепада температуры находились внутри теплоизоляционной плиты.

Таблица 1. Теплоизоляционные материалы, используемые в системах вентилируемых и штукатурных фасадов

№ п/п	Наименование и производитель материалов	коэффициент паропроницаемости, мг/м <sup>2</sup> *ч*Па	$\lambda$ , Вт/м·°С	Горючесть	Размеры изделий, мм
штукатурные фасады					
1	Isover Штукатурный фасад (Сен-Глобен)	0,4	0,038	КМ0 (НГ)	1200*600*150
2	Рокфасад (ROCKWOOL)	0,3	0,04	КМ0 (НГ)	1000*600*100
3	пенополистирол KNAUF THERM Фасад PRO (KNAUF)	0,026	0,041	ГЗ(КМЗ)	1000*1200*100
4	пенополистирол WX-Фасад (WOOLEX)	0,05	0,037	ГЗ(КМЗ)	600*1200*100
вентилируемые фасады					
5	Венти баттс д оптимума (ROCKWOOL)	0,3	0,036	КМ0 (НГ)	1000*600*(100–200) 1200*1000*(100–200)
6	Экофасад (Эковер)	0,3	0,039	КМ0 (НГ)	1000*600*(100–250)
7	URSA GEO Фасад (URSA)	0,52	0,036	Г1(КМ1)	1250*600*100
8	Техновент Оптима (Технониколь)	0,3	0,038	КМ0 (НГ)	1200*600*100

Нормируемым показателем для систем штукатурных фасадов является прочность при отрыве слоев утеплителя (15 кПа). Утеплитель воспринимает нагрузки, действующие в направлении перпендикулярном плоскости теплоизоляции.

В системе штукатурных фасадов не рекомендуется использовать экструзионный пенополистирол или пеностекло, так как они обладают низкой паропроницаемостью. Применение плит вспененного пенополистирола допускается (таблица 1, п.3,4), но с обязательными противопожарными рассечками на высоте перекрытий и защитными вставками по периметру проемов. Наиболее предпочтительным теплоизоляционным матери-

алом являются плиты из минеральной ваты (таблица 1, п.1,2). Они имеют плотную структуру, что обеспечивает надежное сцепление теплоизоляции и штукатурного слоя [5].

Нормируемым показателем для теплоизоляции вентилируемых фасадов является стойкость плит из минеральной ваты к эрозии волокна, которая зависит от диаметра и длины волокна, числа точек контакта связующего. Минераловатная теплоизоляция (плиты) воспринимает: сжатие под точечной нагрузкой, отрыв слоя, эрозию волокон за счет воздушных потоков в материале, вибрации. Применяется только негорючая и паропроницаемая теплоизоляция (таблица 1, п.5–8).

Литература:

1. Федосов, С. В., Ибрагимов А. М., Гнедина Л. Ю. Проблемы трехслойных ограждающих конструкций // Жилищное строительство. 2012. № 7. — с. 9–12.
2. Давидюк, А. Н., Несветаев Г. В. Эффективные материалы и конструкции для решения проблемы энергосбережения зданий // Жилищное строительство. 2010. № 3. с. 16–20.
3. Моргун, В. Н., Моргун Л. В., Черенкова И. А. К вопросу об эффективности теплоизоляции фасадов гражданских зданий // Жилищное строительство. 2015. № 4. с. 21–24.
4. Мамонтов, А. А., Ярцев В. П., Струлев С. А. Анализ влажности различных утеплителей в ограждающих конструкциях здания при эксплуатации в отопительный период // Academia. Архитектура и строительство. 2013. № 4.-с. 117–119.
5. Жуков, А. Д., Боброва Е. Ю., Бессонов И. В. Строительные системы и особенности применения теплоизоляционных материалов // Жилищное строительство. 2015. № 7. С.49–51

## Учет нагрева проводов воздушной линии при расчете потерь напряжения

Кряжева Анастасия Андреевна, студент;  
 Долгова Анастасия Евгеньевна, студент;  
 Горбунов Роман Викторович, старший преподаватель  
 Забайкальский государственный университет (г. Чита)

*Установившееся значение температуры нагрева провода электрическим током является важным параметром режима воздушной линии электропередачи, определяющим сопротивление провода и габариты линии.*

*Ключевые слова: температура нагрева провода, потери электроэнергии, удельное сопротивление провода.*

В период, когда происходит передача электроэнергии с проводов на электроприемники ее небольшая часть расходуется на сопротивление самих проводов, т. е. на их нагрев. Чем больше сопротивление провода и выше протекающий ток, тем больше на нем будет потеря напряжения. Нагрев кабеля способствует ухудшению работы контактов. В изолированных электропроводах повышение температуры может привести к ускоренному износу изоляции, ухудшению ее свойств, а также к пробоям и даже короткому замыканию. Бесперебойное функционирование проводов и кабелей возможно только при температурах, не превышающих определенных значений, закрепленных ПУЭ на основании характеристик материалов и опыта эксплуатации.

Когда температура проводника  $t$  значительно выше температуры окружающей среды  $t_0$ , теплота начинает отдаваться проводником в окружающую среду. При росте  $t$ , наступает тепловое равновесие, при котором количество теплоты, выделяемой в проводнике, равно количеству теплоты, отдаваемой в окружающую среду. В таком случае величина  $t$  остается постоянной.

Последующее возрастание тока при тех же условиях понижения температуры ведет к нарушению теплового баланса и нагреву проводника, которое может привести к аварии.

Определенная работа и практика позволила установить значения длительно допустимых температур нагрева проводников  $t_{доп}$ , превышение которых приводит к ухудшению технических характеристик электрических сетей [1].

Таблица 1. Длительно допустимые температуры для проводников

Проводники	$t_{доп}, C^{\circ}$
Провода с резиновой или ПВХ изоляцией	70
СИП напряжение до 1 кВ с изоляцией: из термопластичного полиэтилена из сшитого полиэтилена (СПЭ)	70 90
Провода с защитной оболочкой напряжение 6-20 кВ и с изоляцией из СПЭ	90
Кабели с изоляцией: из полиэтилена или ПВХ пластика из СПЭ	70 90
Кабели с БПИ на напряжение, кВ: 6 10 20-35	65/80* 60/70* 50/65*
Маслонаполненные кабели на напряжение, кВ: 110-220 330-500	85 75

Выбор или проверка сечения проводника по нагреву сводится к определению наибольшего рабочего тока в проводнике и его сравнению с  $I_{доп}$  [1].

Вектор падения напряжения можно представить состоящим из продольной ( $D U$ ) и поперечной ( $\delta U$ ) составляющих. Потеря напряжения определяется по формуле, из которой видно, что  $\Delta U$  зависит от сопротивления, которое как раз и изменяется из-за чрезмерного нагрева:

$$\Delta \dot{U} = \dot{U}_1 - \dot{U}_2 = \sqrt{3} \dot{I} (R + jX),$$

где  $\dot{U}_1$  — вектор напряжения в начале линии, кВ;  $\dot{U}_2$  — вектор напряжения в конце линии, кВ;  $\dot{I}$  — ток проводника, А;  $R$  — активное сопротивление, Ом;  $X$  — реактивное сопротивление, Ом.

Рассмотрим изменение потери напряжения вследствие увеличения температуры окружающей среды на примере одноцепной линии напряжением 35 кВ. Согласно ПУЭ, по условиям механической прочности и возникновения короны, минимальное сечение провода воздушной линии 35 кВ составляет 70 мм<sup>2</sup>. Принимаем провод марки АС — 70/11 с параметрами:  $I_{дон} = 265$  Ампер. Удельные сопротивления провода составляют  $r_0 = 0,428$  Ом/км;  $x_0 = 0,432$  Ом/км. Мощность, передаваемая по линии:  $P_p = 13700$  кВт;  $Q_p = 3040$  кВар. Длина линии  $L = 8,4$  км.

Определим потерю напряжения при температуре окружающей среды ( $t^\circ = 20^\circ\text{C}$ ):

$$R_1 = r_0 L = 0,428 * 8,4 = 3,6(\text{Ом}),$$

где  $R_1$  — активное сопротивление линии, Ом;  $r_0$  — погонное активное сопротивление, Ом/км;  $L$  — длина линии, км;

$$X_1 = x_0 L = 0,432 * 8,4 = 3,62(\text{Ом}),$$

где  $X_1$  — реактивное сопротивление линии, Ом;  $x_0$  — погонное реактивное сопротивление, Ом/км;  $L$  — длина линии, км

$$\Delta U = \frac{(P_p * R_1 + Q_p * X_1)}{U_n} = \frac{(13700 * 3,6 + 3040 * 3,62)}{35} = 1723,5(\text{В}),$$

где  $\Delta U$  — потеря напряжения, В;  $P_p$  — расчетная активная мощность, кВт;  $R_1$  — активное сопротивление линии, Ом;  $Q_p$  — расчетная реактивная мощность, кВар;  $X_1$  — реактивное сопротивление линии, Ом.

$$\delta U = \frac{\Delta U}{U_n * 10^3} * 100 \% = \frac{1723,5}{35 * 1000} * 100 = 4,92 \%,$$

где  $\delta U$  — потери напряжения, %;  $\Delta U$  — потеря напряжения, В;  $U_n$  — номинальное напряжение, В.

Допустимая потеря напряжения составляет 5 %. Как видим, из расчета выше, в нормальных условиях окружающей среды и  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  потери напряжения не выходят за рамки допустимого.

Определим потерю напряжения того же провода, в тех же условиях, но при температуре окружающей среды  $t_0 = 35^\circ\text{C}$ .

Чтобы учесть изменения температуры, воспользуемся формулой:

$$R_2 = R_1 * (1 + \alpha \Delta t) = 3,6 * (1 + 0,004 * 15) = 3,816(\text{Ом}), \text{ где}$$

$\alpha$  — температурный коэффициент для алюминиевых проводов;

$\Delta t$  — разность между фактической и нормальной температурой,  $^\circ\text{C}$

Тогда:

$$\Delta U = \frac{(P_p * R_2 + Q_p * X_1)}{U_n} = \frac{(13700 * 3,816 + 3040 * 3,62)}{35} = 1811,2(\text{В}),$$

где  $\Delta U$  — потеря напряжения, В;  $P_p$  — расчетная активная мощность, кВт;  $R_2$  — активное сопротивление, Ом;  $Q_p$  — расчетная реактивная мощность, кВар;  $X_1$  — реактивное сопротивление, Ом.

$$\delta U = \frac{\Delta U}{U_n * 10^3} * 100 \% = \frac{1811,2}{35 * 1000} * 100 = 5,17 \%,$$

где  $\delta U$  — потери напряжения, %;  $\Delta U$  — потеря напряжения, В;

$U_n$  — номинальное напряжение, В.

Из-за увеличения сопротивления потеря напряжения выходит за рамки допустимого предела 5 %, что является нарушением нормативных требований по качеству электроэнергии несмотря на то, что в начальных проектных условиях отклонение напряжения находилось в пределах нормы. Отсюда следует необходимость учета температурного изменения сопротивления при проектировании линий электропередач. В ПУЭ приведены соответствующие корректирующие коэффициенты.

Температура проводов линии электропередачи является важным параметром режима воздушной линии, определяющим механическую прочность провода, габариты воздушной линии, уровни напряжения в узлах электрической сети.

#### Литература:

1. Грунин, О. М., Савицкий Л. В. Электроэнергетические системы и сети. Проектирование: учеб. пособие. Чита: Изд-во ЗабГУ, 2012.-183 с.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ. 7-е изд.). — М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2003. — 464 с.;

## Вывод критерия тяжелой нефти с помощью метода Наара — Гендерсона

Менжинский Кирилл Сергеевич, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

В статье был предложен критерий определения тяжелой нефти, который учитывает не только свойства флюида, но и свойства породы, в которой происходит фильтрация. Критерий был введен, опираясь на теорию устойчивости водонефтяного фронта при вытеснении нефти водой.

**Ключевые слова:** тяжелая нефть, гидродинамика, вязкость.

**Т**яжелая нефть — это нефть, эффективное извлечение которой традиционными методами невозможно. Россия считается третьей после Канады и Венесуэлы страной по объемам тяжелых углеводородных ресурсов [1]. По оценке института неорганической химии РАН, российские запасы высоковязкой нефти оцениваются в 6,3 миллиарда тонн. Более 70 % залежей тяжелых залежей находятся в Волго-Уральском и Западно-Сибирском нефтегазоносных бассейнах.

Динамическая вязкость такой нефти в пластовых условиях характеризуется значениями от 20 сП величин близким к значениям природного битума (9000 сП). При

этом большинство месторождений имеют вязкость 1000 сП [1].

Рассмотрим свойства тяжелой нефти на примере Ярегского месторождения, расположенного в районе Республики Коми (таблица 2) [2].

Основные проблемы при добыче тяжелой нефти возникают из-за ее низкой подвижности. Ее добыча, транспортировка и переработка связаны с большими технологическими трудностями и материальными затратами. Нефть является малоподвижной в основном из-за высокой динамической вязкости. Поэтому многие методы добычи направлены на ее понижение.

Таблица 1. Физико-химические свойства тяжелой ярегской нефти

Показатель	Ярегская нефть
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	939,8
°API	19
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с:	562,18
Температура застывания, °С	-18
Содержание серы, % по массе	1,2320
Содержание алюминия, % по массе	0,0070
Содержание кремния, % по массе	0,0070
Содержание ванадия, % по массе	0,0160
Содержание железа, % по массе	0,0047
Содержание никеля, % по массе	0,0047
Содержание дизельной фракции 220–330 °С, % по массе	29
Содержание высококипящей фракции, выкипающей выше 330 °С, % по массе	71
Содержание насыщенных углеводородов, % по массе	16,00
Содержание линейных парафинов, % по массе	3,78
Содержание ароматических углеводородов, % по массе	40,00
Содержание смол, % по массе	27,00
Содержание асфальтенов, % по массе	17,00

Под традиционными способами понимается вытеснение нефти водой. Для того чтобы понять эффективность данного процесса обратимся к элементарной теории

устойчивости водонефтяного фронта, введем параметр  $M$ , он будет определяться соотношением (1):

$$M = \frac{\frac{k_v(S_f)}{\mu_v} + \frac{k_n(S_f)}{\mu_n}}{\frac{k_v(S_0)}{\mu_v} + \frac{k_n(S_0)}{\mu_n}} = \frac{\lambda(S_f)}{\lambda(S_0)} \quad (1)$$

То есть до фронта и после фронта уже рассматривается подвижность двухфазного потока. Если  $M < 1$  то водонефтяной фронт устойчивый, вытеснение нефти водой будет эффективным.

Таким образом введенный параметр  $M$  определяет эффективность вытеснения нефти водой, то есть по сути является критерием определения тяжелой нефти. Нефть будет тяжелой при  $M > 1$ . В этом случае флюид до фронта будет фильтроваться с большей скоростью, то есть будут образовываться языки обводненности за фронтом, и он будет неустойчивым.

Для того, чтобы воспользоваться данным параметром, необходимо знать водонасыщенность на фронте  $S_f$  и остаточную водонасыщенность  $S_o$ , которые как раз и определяются через решение задачи Баклея — Левенгорта.

Проведем оценку нефти различной вязкости для фазовых проницаемостей, описываемых аппроксимацией Наара — Гендерсона [3], который учитывает возможные значения предельных точек, таких как критическая водонасыщенность и критическая нефтенасыщенность.

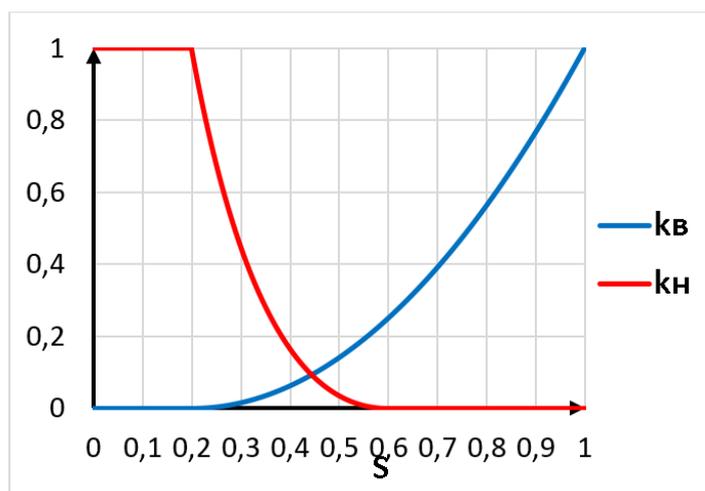


Рис. 1. Кривые ОФП для воды и нефти по методу Наара-Гендерсона

Обобщенная аппроксимация описывается следующими уравнениями:

$$\begin{aligned}
 k_n &= \frac{(1 - 2S^*)^P}{2 - (1 - 2S^*)^R} \\
 k_v &= (S^*)^N \\
 S^* &= \frac{S - S_{\text{пред}}}{1 - S_{\text{пред}}}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где  $P, R, N$  — варьируемые эмпирические параметры.

Рассмотрим несколько комбинаций данных параметров. Для наглядности работы предложенного метода определения тяжелой нефти продемонстрируем два случая.

Первый случай:

$$P = 2, R = 1, N = 2
 \tag{3}$$

Второй случай:

$$P = 3, R = 1.5, N = 2.2
 \tag{4}$$

Вязкость нефти будет рассматриваться в диапазоне от 10 сП до 35 сП. Вязкость воды была принята равной 1 сП. Графики численных решений для данных значений вязкости представлены в приложениях 1–10. Ниже будут приведены результаты расчетов.

Таблица 2. Результат численных расчетов задачи Баклея — Леверетта

P = 2, R = 1, N = 2					
$\mu_n, \text{сП}$	$S_0$	$S_f$	$\lambda_0$	$\lambda_f$	M
10	0,2	0,390	0,100	0,075	0,75
15		0,360	0,067	0,057	0,85
20		0,345	0,050	0,048	0,96
25		0,335	0,040	0,042	1,05
30		0,325	0,033	0,036	1,09
P = 3, R = 1.5, N = 2.2					
$\mu_n, \text{сП}$	$S_0$	$S_f$	$\lambda_0$	$\lambda_f$	M
10	0,2	0,405	0,100	0,066	0,66
15		0,385	0,066	0,053	0,80
20		0,367	0,049	0,044	0,90
25		0,355	0,040	0,037	0,93
30		0,345	0,033	0,032	0,97
35		0,338	0,028	0,030	1,07

Для наглядности построим графики подвижности рисунк 2 и рисунок 3 с выделением необходимых точек. Пересечение линии АВ с графиками дает значение подвижности

на водонефтяном фронте, пересечение и линией  $S=0,2$  — подвижность в точке остаточной водонасыщенности.

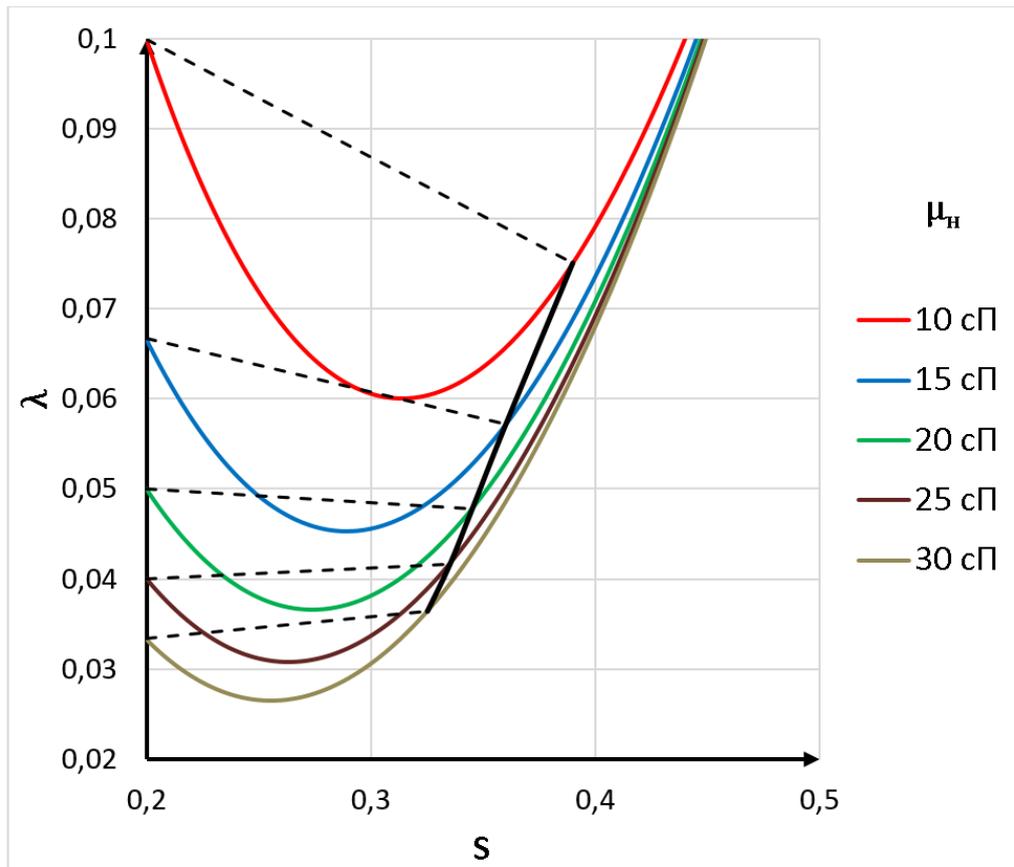


Рис. 2. Результат численных расчетов для первого случая

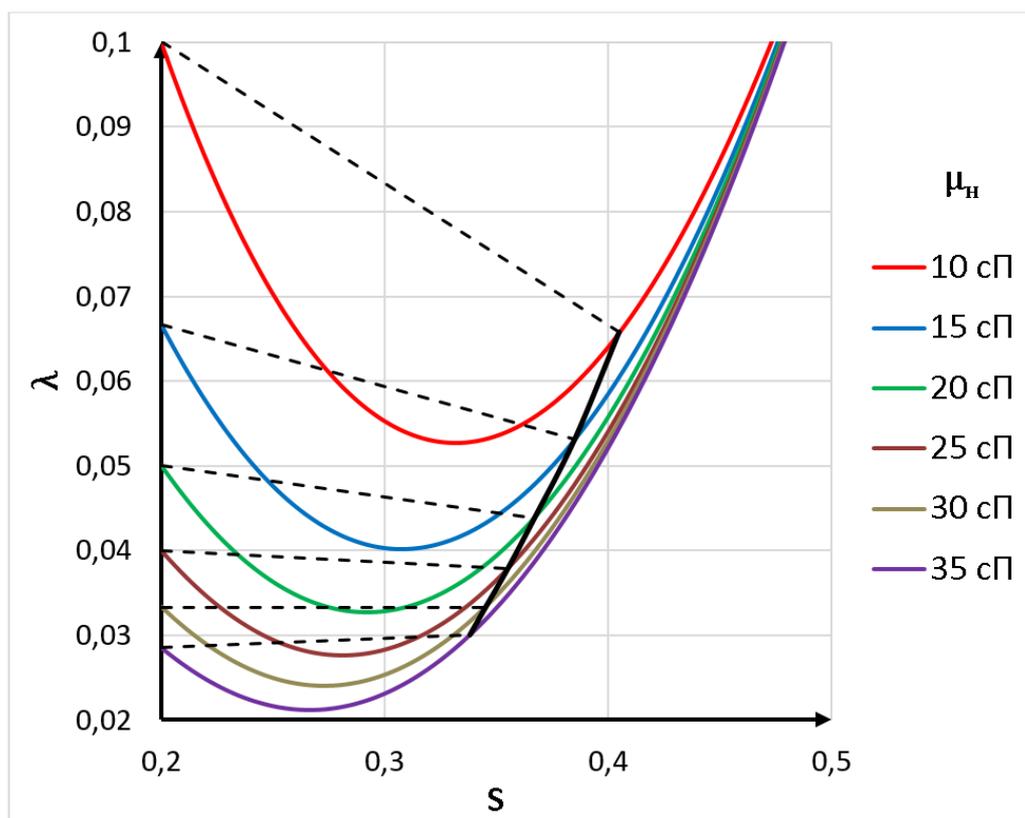


Рис. 3. Результат численного расчета для второго случая

Как показывают результаты, для фазовых проницаемостей, описываемых аппроксимацией Наара — Гендерсона с параметрами (3), нефть будет считаться тяжелой при её значении динамической вязкости свыше 25 сП. Для той же аппроксимации, но с параметрами (4), нефть является тяжелой, если её вязкость уже больше 35 сП. Таким образом, было продемонстрировано, что введенный метод определения тяжелой нефти учитывает свойства не только флю-

идов, но и свойства породы, в которой происходит фильтрация.

Определение тяжелой нефти не может быть однозначно дано, если оно опирается только на вязкость флюида, необходимо также учитывать свойства породы, в которой происходит фильтрация. В представленных результатах хорошо наблюдается существенное различие нижних границ по вязкости, выше которой нефть считается тяжелой, в зависимости от вида фазовых проницаемостей.

Литература:

1. Щепалов, А. А. Тяжелые нефти, газовые гидраты и другие перспективные источники углеводородного сырья / А. А. Щепалов. — Нижний Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета, 2012. — 93 с.
2. Кондрашева, Н. К. Сравнительная оценка структурно-механических свойств тяжелых нефтей Тимано-Печорской провинции / Н. К. Кондрашева, Ф. Д. Байталов, А. А. Бойцова // Записки Горного института. — 2017. — № 225. — с. 320–329.
3. Хайруллин, А. А. Разработка и исследование модели двухфазного непоршневого вытеснения нефти водой: специальность 2.8.4 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. — Тюмень, 2021. — 147 с. — Режим доступа: <https://www.tyuiu.ru/wp-content/uploads/2021/10/Dissertatsiya-Hajrullin-Az.Am..pdf>

## Факторы, влияющие на эвакуацию из детских медицинских учреждений

Нигаматуллин Александр Навиуллинович, студент;  
Хажеев Даниэль, студент  
Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

*В данной статье проведено исследование развития пожара и эвакуация в детской туберкулезной больнице. Сделан вывод о влиянии на скорость и время препятствий на путях эвакуации и расположения маломобильных групп в зависимости от этажности здания.*

*Ключевые слова:* моделирование, эвакуация, маломобильность, препятствия.

Во время чрезвычайных ситуаций или стихийных бедствий большинство людей теряют или сохраняют жизнь непосредственно сразу же после наступления такого события. Люди рассчитывают на быстрое и эффективное реагирование больниц как единственную надежду и опору для поддержки. Исследование скорости эвакуации в зависимости от этажности зданий и препятствий, расположенных на путях эвакуации является актуальной проблемой на сегодняшний день. Актуальность заключается в том, что наличие объектов в коридорах препятствуют перемещению и усложняют эвакуацию тяжелобольных детей, тем самым увеличивая время их спасения. Также в зависимости от расположения больных, не способных самостоятельно передвигаться, на этажах делают эвакуацию практически невозможной. Поэтому, можно оценить изменение скорости и времени эвакуации людей из здания с помощью программного обеспечения.

Для исследования развития пожара в работе применялась полевая модель, которая реализована графический пользовательский интерфейс для Fire Dynamics Simulator Pyrosim. А для успешного расчета времени была использована такая программа, как Pathfinder.

Pathfinder — программа для моделирования эвакуации в чрезвычайных ситуациях с учетом возможности спа-

сения людей, включает в себя пользовательской графический интерфейс для создания модели и модуль для просмотра анимированных трехмерных результатов.

В нашем исследовании проведено два сценария:

1) первый сценарий рассчитан на пожар в складском помещении, которое находится в подвале, без установленных в коридорах на путях эвакуации препятствий. Маломобильные группы расположены на первом этаже.

2) Второй сценарий рассчитан на пожар в складском помещении, которое находится в подвале, с установленными в коридорах на путях эвакуации препятствиями. Маломобильные группы расположены на третьем этаже.

Расчет для сценариев был проведен в четырёхэтажном здании с разнообразной планировкой помещений. Складские помещения с источником возгорания остаются без изменений. Выходы расположены на первом этаже. На всех этажах для измерения опасных факторов пожара (температуры) для наглядности созданы 3D-сечения. 3D-сечение — это трехмерная область, в которой выполняется запись заданной величины. По результатам расчета можно создавать изображения любой плоскости внутри этой области (включая наклонные плоскости). Для расчета по полям риска 3D-сечения не используются.



Рис. 1. Первый этаж

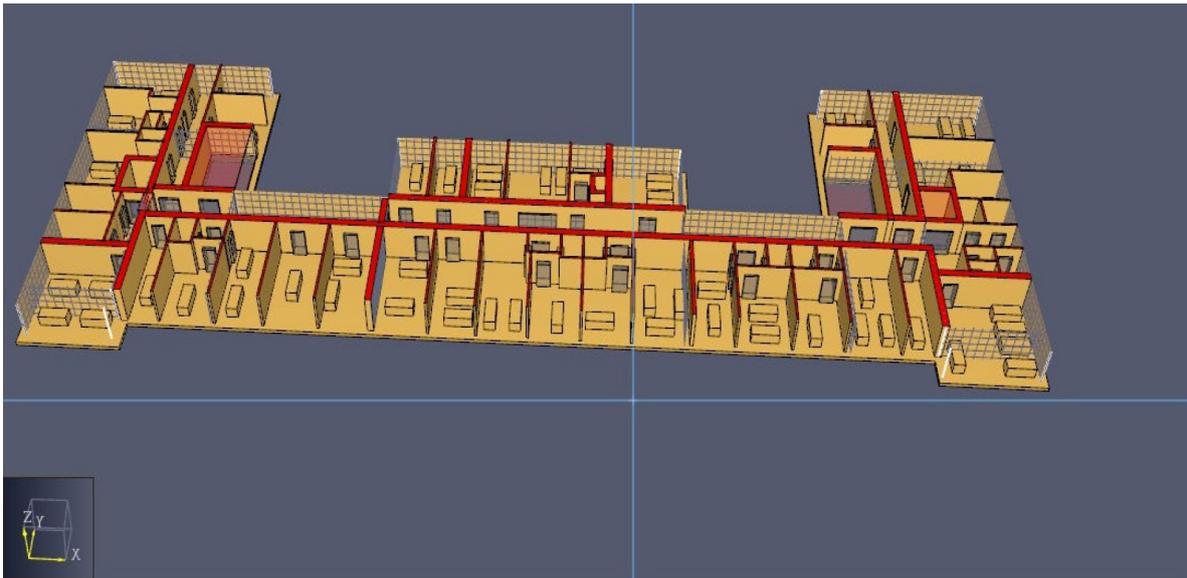


Рис. 2. Второй этаж



Рис. 3. Третий Этаж

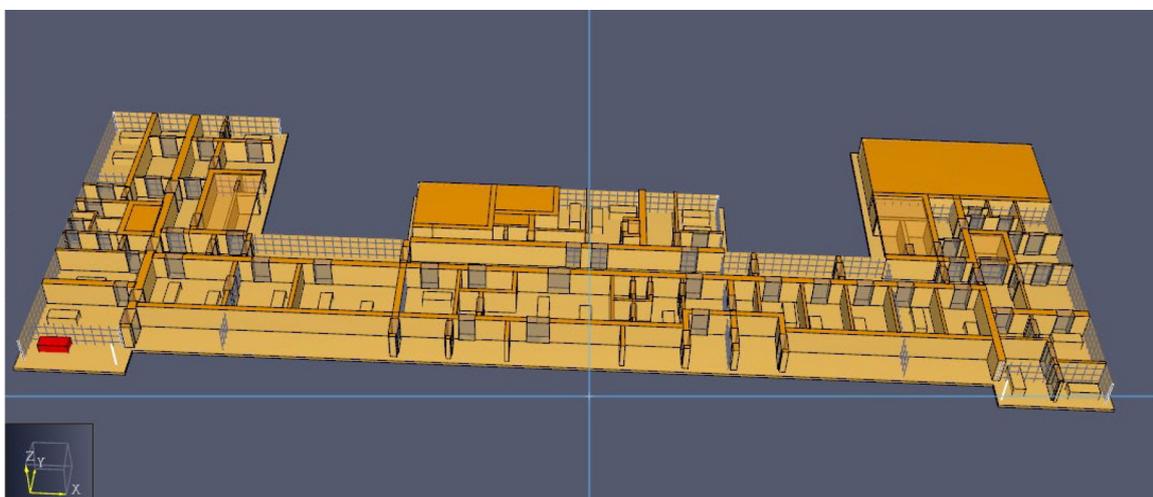


Рис. 4. Подвал

 Запустить моделирование - ~~~~профили, Ф1.1,Ф1.3,Ф1.4.pth			
Время в модели (с):	<input type="text" value="269,5"/>	Время расчета (с):	<input type="text" value="149,3"/>
Осталось агентов:	<input type="text" value="0"/>	Всего агентов:	<input type="text" value="155"/>
Макс. расстояние до цели (м):	<input type="text" value="0,0"/>	Средн. расстояние до цели (м):	<input type="text" value="0,0"/>

Рис. 5. Результат первого сценария

В первом сценарии задействовано 155 агентов, из которых 80 взрослых (40 врачей, 40 родителей), 75 детей (7 на носилках, 8 на кресло-колясках, 60 детей дошкольного возраста). Предельное время эвакуации — 600 секунд. Люди эвакуировались за 269,5 секунд.

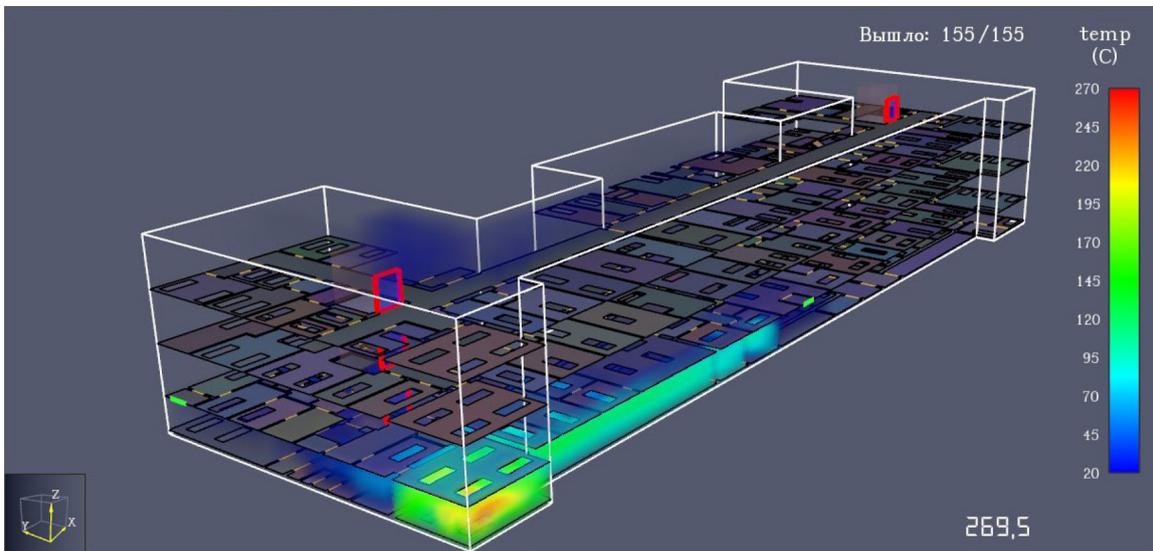


Рис. 6. Распространение температуры 1 сценарий

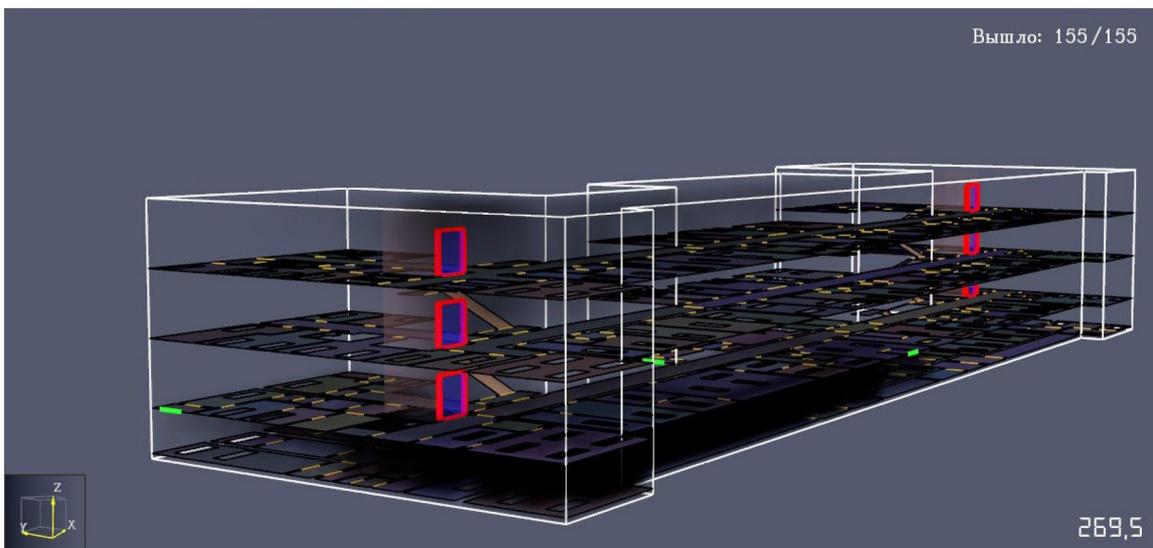


Рис. 7. Распространение дыма 1 сценарий

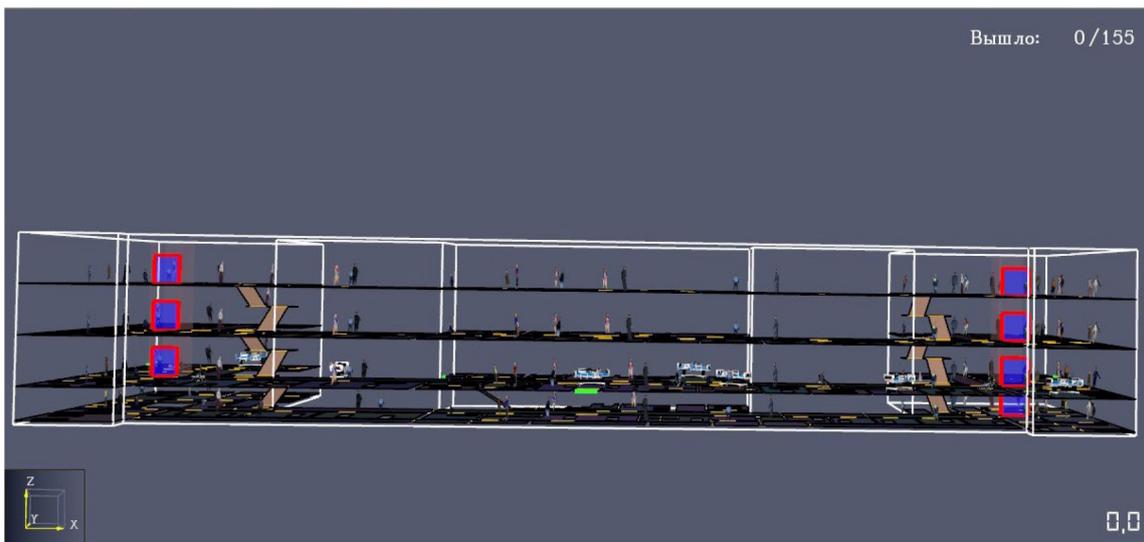


Рис. 8. Расположение агентов 1 сценарий

 Запустить моделирование - ~профили, Ф1.1,Ф1.3,Ф1.4.pth ✕

Время в модели (с):	<input type="text" value="490,8"/>	Время расчета (с):	<input type="text" value="196,5"/>
Осталось агентов:	<input type="text" value="0"/>	Всего агентов:	<input type="text" value="155"/>
Макс. расстояние до цели (м):	<input type="text" value="0,0"/>	Средн. расстояние до цели (м):	<input type="text" value="0,0"/>

Во втором сценарии задействовано 155 агентов, из которых 80 взрослых (40 врачей, 40 родителей), 75 детей (7 на носилках, 8 на кресло-колясках, 60 детей дошкольного

возраста). Предельное время эвакуации — 600 секунд. Люди эвакуировались за 490,8 секунд.

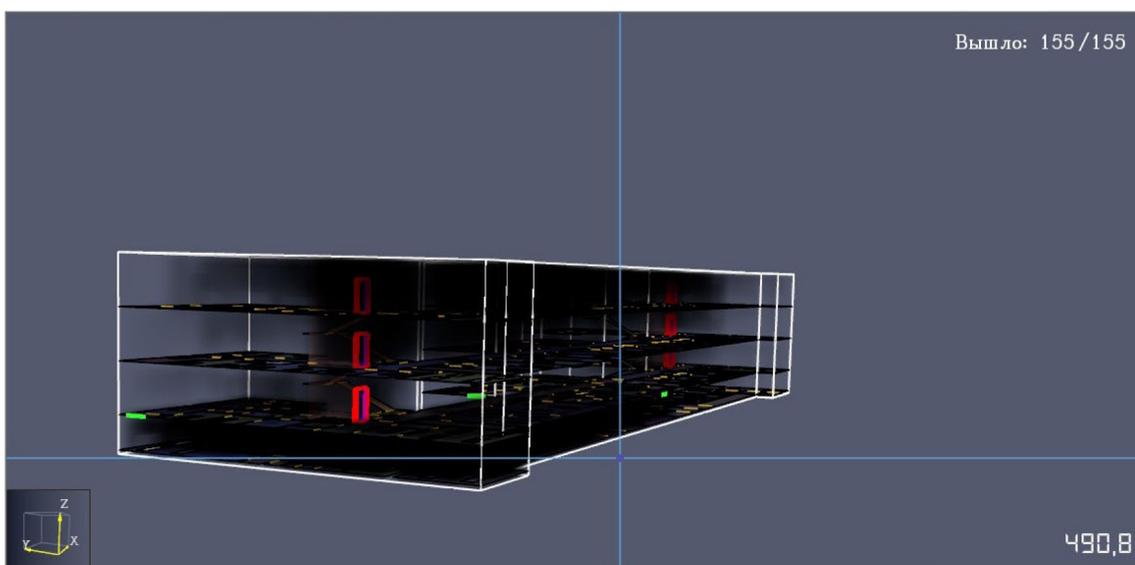


Рис. 9. Распространение температуры 2 сценарий

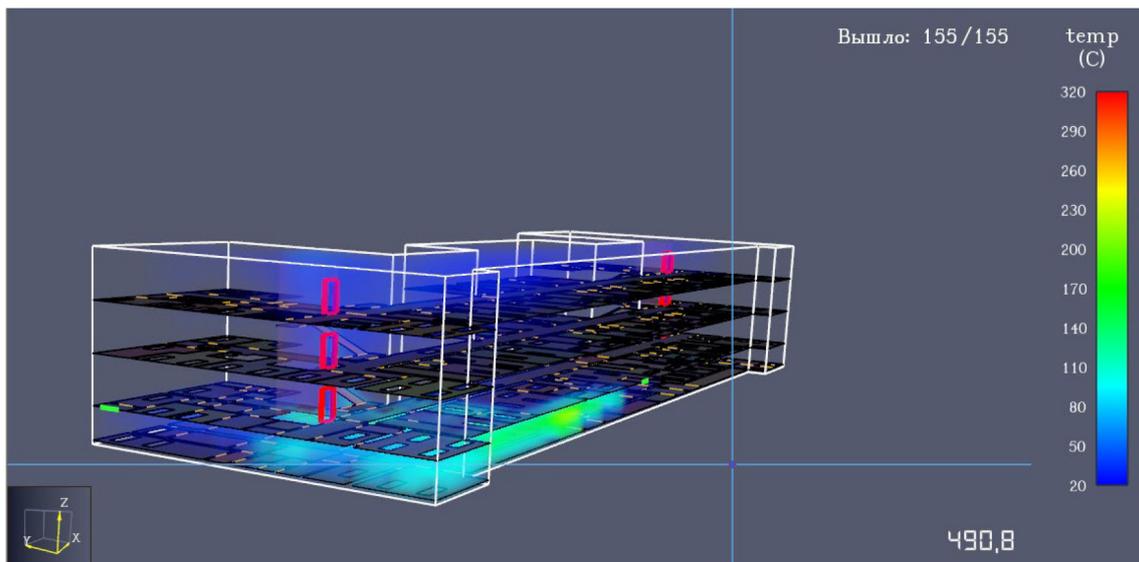


Рис. 10. Распространение дыма 2 сценарий

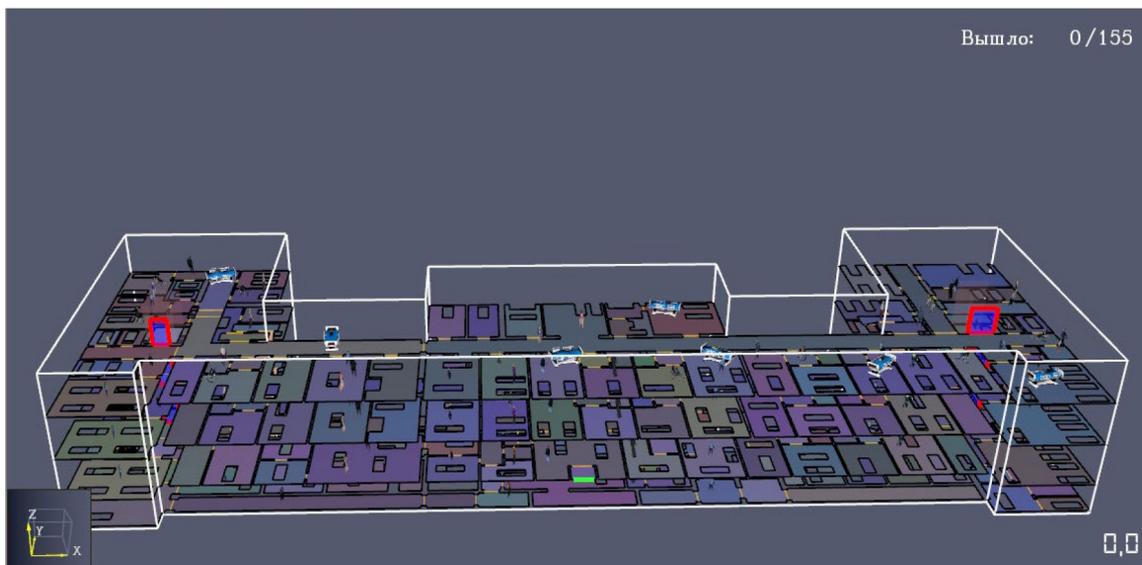


Рис. 11. Расположение людей 2 сценарий

По полученным данным можно понять, что установленные в коридорах препятствия значительно влияют на время эвакуации. Маломобильные группы недопустимо размещать на третьем этаже, так как происходит увеличение времени эвакуации. Люди не смогут вовремя эвакуироваться без воздействия на них опасных продуктов

горения, температуры, низкой концентрации кислорода, уменьшения видимости.

Таким образом, можно сделать вывод, что палаты в больницах для тяжелобольных и детей следует размещать на нижних этажах. Препятствия на путях эвакуации не должны мешать своевременному и безопасной эвакуации людей.

#### Литература:

1. Приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности»
2. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Методические рекомендации по использованию программы Pyrosim. — Екатеринбург, 2022;
4. Методические рекомендации по использованию программы Pathfinder. — Екатеринбург, 2022.

## Особенности теплопередачи ограждающих конструкций в холодный период года

Огрызкова Маргарита Игоревна, студент магистратуры  
 Научный руководитель: Байдов Антон Владимирович, кандидат технических наук, доцент  
 Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета

В данной статье рассмотрены особенности теплопередачи ограждающих конструкций в холодный период года, связанные с наличием большого количества участков с теплотехнической неоднородностью. Как следствие, возникающие перепады температуры и влажности могут стать причиной образования конденсата и плесени.

**Ключевые слова:** конденсат, теплопередача, утепление.

## Features of heat transfer of enclosing structures in the cold season

Ogryzkova Margarita Igorevna, student master's degree  
 Scientific adviser: Baidov Anton Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor  
 Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University

This article discusses the features of heat transfer of enclosing structures in the cold season, associated with the presence of a large number of sites with thermal heterogeneity. As a consequence, the resulting temperature and humidity changes can cause condensation and mold formation.

**Keywords:** condensate, heat transfer, insulation.

В процессе эксплуатации реальных ограждающих конструкций, наряду с «гладью стены», имеется большое количество участков, которые содержат различные теплотехнические неоднородности теплопроводные включения. К этим участкам можно отнести углы наружных стен, сопряжения элементов каркаса (колонны, балки, перемычки, плиты перекрытий) с ограждениями, оконные и дверные откосы, ребра и связи жесткости в наружных стеновых панелях, металлические кронштейны системы утепляемых и вентилируемых фасадов и другие.

Наружные ограждающие конструкции зданий имеют сложную конфигурацию, отдельные участки которой имеют разное сопротивление теплопередаче, следовательно, различную величину тепловых потерь. На рисунке 1 приведено графическое изображение теплопотерь 17ти этажного жилого дома. Каркас дома выполнен из монолитного железобетона, стены выполнены трехслойными с эффективным утеплителем, опирание на перекрытия поэтажное. Окна и балконные двери выполнены в пластиковых переплетах с двухкамерными стеклопакетами [1]

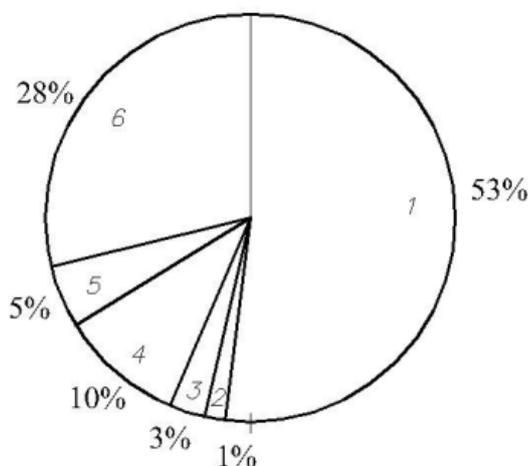


Рис. 1. Графическое изображение теплопотерь через наружную стену за отопительный период: 1 — основные («по гладь»); 2 — через углы; 3 — через сопряжения наружной стены с внутренними стенами; 4 — через сопряжения наружной стены с междуэтажными перекрытиями; 5 — через оконные откосы; 6 — через прочие теплопроводные включения

Из данных рисунка 1 можно заметить, что почти половина (47 %) теплопотерь данного здания определяется участками с теплотехнической неоднородностью.

В процессе натурных тепловизионных съемок были выявлены участки фасадов, на которых утечки тепла «светятся» красным, и по интенсивности свечения можно понять, насколько велики данные утечки.

Температура внутренних поверхностей ограждений в зоне теплопроводных включений —  $t_{в1}$  будет ниже, чем эта же температура «по глади» —  $t_{в}$  и возникает опасность «точки росы» и конденсации влаги на поверхности ограждения.

На рисунках 2–5 в качестве иллюстрации изображены некоторые узлы ограждающих конструкций с теплотехническими неоднородностями, приведены температурные поля и температуры внутренних поверхностей.

При изменении конструктивных габаритов фризového блока в карнизном узле (рис. 2) повышается вероятность выпадения конденсата в этом углу, так как эти изменения могут снизить температуру внутренней поверхности стены у потолка с  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [2]

На рисунке 3 изображен классический горизонтальный стык трехслойных железобетонных панелей. Можно заметить различия в значениях температуры что в зоне ребер жесткости по периметру панелей, температура внутренних поверхностей ниже аналогичной температуры «по глади» на  $3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  —  $9,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  против  $12,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [2]

Для нормальных температурно-влажностных условий помещения с  $t_{в} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\phi = 50\%$ , температура «точки росы» будет равна  $9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , следовательно, при расчетных температурах наружного воздуха минус  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже по периметру панели вероятнее всего будет выпадать конденсат.

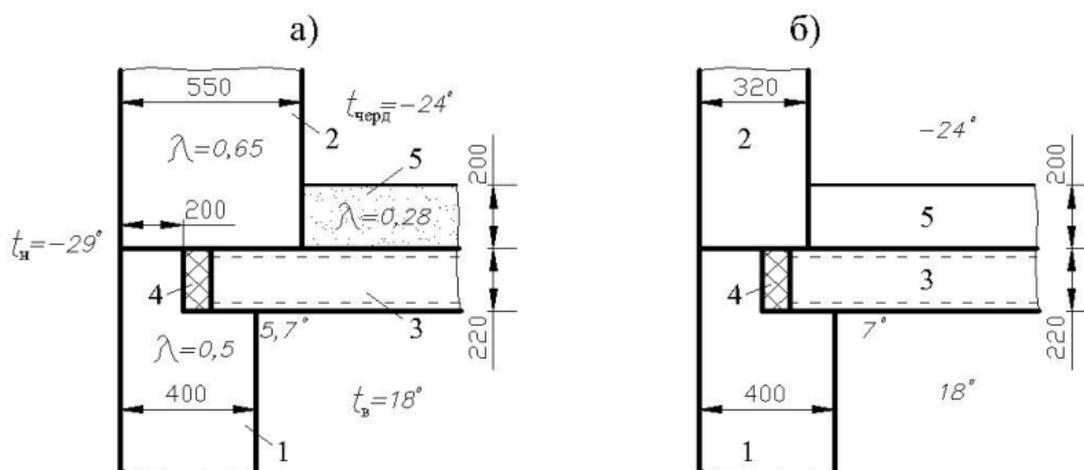


Рис. 2. Карнизный узел: а — при толщине фризového блока 55 см; б — при толщине фризového блока 32 см; 1 — стена из керамзитобетонных блоков; 2 — фризový блок из шлакобетона; 3 — многупустотный настил чердачного перекрытия; 4 — минеральная вата; 5 — шлаковая засыпка

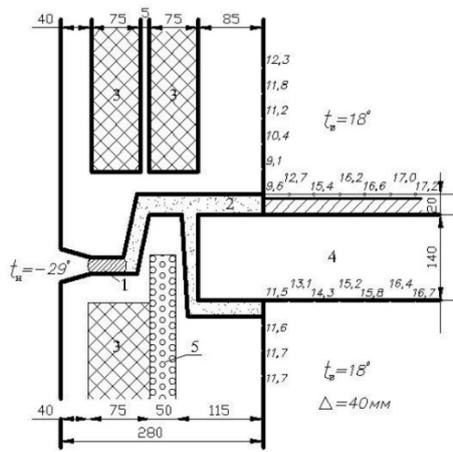


Рис. 3. Температуры внутренней поверхности горизонтального стыка железобетонных панелей наружных стен: 1 — гернит; 2 — цементный раствор; 3 — фибролит; 4 — железобетонная плита междуэтажного перекрытия; 5 — пенополистирол

Углы наружных ограждающих конструкций с точки зрения теплотеря являются традиционно неблагоприятными участками стены. Из рис. 1.4 можно заметить, что температура внутренних поверхностей «по глади» составляет 11,9 °С, а в углу — 6,2 °С. Температура «точки росы» для данных температурно-влажностных условий

( $t_{в} = 18\text{ °С}$  и  $\varphi_{в} = 55\%$ ) составляет 8,8 °С, следовательно, в этом углу будет выпадать конденсат. Традиционное «лечение» таких участков заключается в размещении там водяного отопления или устройства дополнительного утепления в этих местах [3].

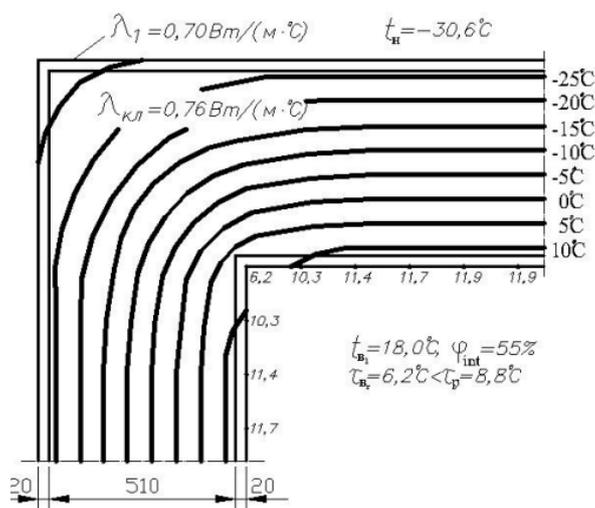


Рис. 4. Температурное поле в наружном углу стены из силикатного кирпича

Также традиционным местом утечки тепла являются оконные откосы со всеми возможными последствиями:

понижением температур поверхностей откосов, конденсат, постоянное увлажнение и плесень рисунок 1.5.



Рис. 5. Плесень на оконных откосах в жилом доме

Причиной образования плесени является понижение температуры внутренних поверхностей откосов ниже «точки росы».

Теплопроводные включения и теплотехнические неоднородности могут иметь самые разнообразные конфи-

гурации, что отражается как на величине утечки тепла в этих участках ограждения, так и на температуре внутренней поверхности  $t_{в1}$  в этой зоне.

Литература:

1. Корниенко, С. В. Повышение эффективности зданий за счет снижения теплотеря через краевые зоны ограждающих конструкций// Журнал РААСН АCADEMIA, Строительство и архитектура, 2010, № 3 — с. 348–351.
2. Леденев, В. И., Матвеева И. В., Монастырев П. В. Физико-технические основы эксплуатации кирпичных стен.: Учебное пособие. — М.: Изд-во АСВ, 2008 г. — 160 с.

3. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд. 4-е перераб. и доп. М.: СИ, 1973 г. — 287 с
4. [https://www.kgasu.ru/upload/iblock/71d/chjyiiobpgbg51x9n8csaelss3uubsg2/up\\_proektirovanie\\_teplozashity\\_ogragdaushih\\_konstrukcii.pdf](https://www.kgasu.ru/upload/iblock/71d/chjyiiobpgbg51x9n8csaelss3uubsg2/up_proektirovanie_teplozashity_ogragdaushih_konstrukcii.pdf)

## Анализ возможности применения ингибитора для борьбы с парафиноотложениями на Фаинском месторождении

Рябов Андрей Николаевич, студент магистратуры  
Астраханский государственный технический университет

*В статье проводится анализ существующих методов борьбы с парафиноотложениями и возможности применения способа предотвращения их образования ингибированием в скважинах Фаинского месторождения.*

*Ключевые слова: асфальтосмолопарафиновые отложения, механизм образования АСПО, методы борьбы с АСПО, ингибитор.*

Нынешний этап развития нефтедобывающей промышленности России характеризуется значительным снижением дебита по добыче нефти вследствие ухудшения качества сырьевой базы, роста числа месторождений, вступивших в позднюю стадию разработки, сопровождающуюся увеличением обводненности пластов и продукции скважин, а также увеличением доли трудноизвлекаемых запасов.

Одной из основных проблем при добыче парафинистых нефтей является образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) на внутренних стенках нефтепромыслового оборудования и насосно-компрессорных труб (НКТ). Отложения на стенках НКТ в скважинах механизированной добычи уменьшают проходное сечение и создают дополнительное сопротивление движению нефтяной продукции скважины, что повышает противоода-

вление на насос (снижается производительность насоса, повышаются энергетические затраты, уменьшается КПД установки в целом). В конечном итоге, происходит перегрев электродвигателя ЭЦН и выход его из строя [3].

В настоящее время для борьбы с АСПО в скважинном и нефтепромысловом оборудовании широко применяются механические, химические, термические, а также новые способы, среди которых использование усовершенствованных методов лакокрасочных покрытий трубы, применение магнитных полей, акустики, вибровоздействия [1].

Самый распространенный механический способ депарафинизации глубинно-насосного оборудования включает в себя применение различных скребков, укрепленных на колонне насосных штанг, ручных лебедок со скребками и др.

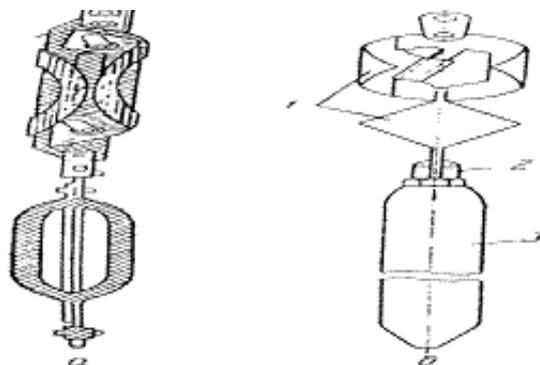


Рис. 1. Скребки для очистки труб от парафина: а) раздвижной скребок; б) малогабаритный скребок

К термическим способам относятся прогрев труб паром в скважине или после извлечения их на поверхность; промывка колонны насосных труб путём закачки в них горячей нефти, нагреваемой на поверхности; прогрев труб электрическим кабелем или погружными электронагрева-

телями, постоянно находящимися в скважине и включаемыми на период депарафинизации; ликвидацию парафиновых пробок «греющимся снарядом» на кабеле [1].

В свою очередь, самым эффективным является химический метод, который основывается на дозиро-

вании специальной смеси углеводородных реагентов в добываемую продукцию, что приводит к значительному снижению или полному избавлению от парафинистых отложений. А также, непосредственно для предупреждения образования АСПО могут применяться ингибиторы, действие которых основывается на адсорбционных процессах, происходящих на стадии фазового перехода компонентов из жидкого в твердое состояние [2].

Химические реагенты, применяемые при ингибировании, должны соответствовать некоторым критериям:

- не влиять на ухудшение подготовки нефти и воды;

- иметь достаточно низкую температуру застывания, например, при использовании их на месторождениях Западной Сибири в зимний период (около -50° С);

- обладать хорошей эффективностью предотвращения образования АСПО при расходе ингибитора 100–300 грамм на тонну нефти [4].

На Фаинском месторождении проводились исследования по определению эффективности использования отечественных ингибиторов по борьбе с парафиноотложениями.

В результате экспериментов удалось получить некоторые данные, такие как расход растворителя и ингибитора, а также установить, что применение ингибитора приносит эффект только в скважинах с обводненностью более 10 %.

Таблица 1. Потребность реагентов на обработку скважины

п/п	Наименование реагентов	Расход на 1 скважину	Общая потребность
1.	Растворители	6 м <sup>3</sup>	4678 м <sup>3</sup>
2.	Ингибиторы (типа ТНПХ) ТНПХ)	150 грамм на 1 тонну	2660 тонн

Результаты экспериментов показали низкую эффективность в процессе отмыва пленки нефти и предотвращение образования и замазывания отложений на стенках оборудования.

Следует отметить, что скважины с достаточно высокой обводненностью (высоким динамическим уровнем) могут быть защищены подачей ингибитора и его периодической закачкой в затрубное пространство.

Таблица 2. Процентное соотношение количества скважин относительно динамического уровня

Динамический уровень, м	Менее 1400	Порядка 1000	300–400
Кол-во скв-н, %	24	60	16

Компанией ООО «Нефтехимсервис» в режиме постоянного времени проводились работы по организации обработки «ударными» дозами растворителем «Нефрас», в том числе с подачей ингибитора «СОПНАР» на приём насосов в коллектор. К сожалению, результат проведенной работы не показал требуемого эффекта.

Результат подачи другого вида ингибитора, а именно СНПХ-7843 в затрубное пространство добывающей скважины, показал небольшой, но положительный эффект при плюсовой температуре воздуха. Однако, при понижении температуры воздуха, эффект уменьшался.

Таким образом, примененный метод в борьбе с АСПО и предотвращении их образования показал необходимость развития этих технологий и дальнейший поиск эффективных реагентов для ингибирования скважин на Фаинском месторождении. На данном этапе полноценное использование ингибиторов, примененных в исследованиях для борьбы парафиноотложениями, на данном месторождении нерационально ввиду их малоэффективности и высоких экономических затрат.

Литература:

1. Малышев, А. Г., Черемисин Н. А., Шевченко Г. В. Выбор оптимальных способов борьбы с парафиногидратообразованием. Нефтяное хозяйство — 1997 г. — № 9. с. 62–69.
2. Ибрагимов, Г. З., Фазлутдинов К. С., Хисамутдинов Н. И. Применение химических реагентов для интенсификации добычи нефти: Справочник. — М.: Недра, 1991 г. — 384. с.: ил.
3. Мазепа, Б.А Парафинизация нефтесборных систем и промыслового оборудования. — М. Издательство Недра, 1966 г. 184. с.: ил.
4. Горощко, С. А. Влияние ингибиторов парафиноотложений на эффективность транспорта газового конденсата месторождения «Прибрежное». Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук: Краснодар, 2003.

## Исторические аспекты становления метрологии как самостоятельной науки

Солонченко Михаил Евгеньевич, студент  
Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова

*В данной статье автор рассматривает историю метрологии, и процесс ее развития в 18 веке. Особое внимание автор уделяет таким событиям, когда метрология закреплялась на законодательном уровне. Так же автор уделяет внимание тому, как сильно влияет метрологическая деятельность на уровень жизни человека.*

*Ключевые слова:* метрология, эпоха, система мер, эталон.

## Historical aspects of the formation of metrology as an independent science

Solonchenko Mikhail Evgenievich, student  
Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov

*In this article, the author examines the history of metrology and the process of its development in the 18th century. The author pays special attention to such events when metrology was fixed at the legislative level. The author also pays attention to how much metrological activity affects a person's standard of living.*

*Keywords:* metrology, epoch, system of measures, standard.

### Актуальность рассматриваемой проблемы

На сегодняшний день данная проблема весьма актуальна, в обществе отсутствует понимание метрологии как науки, и важности метрологии для человека и общества в целом. Необходимо повышать качество производимых благ, для этого необходимо понимать, как развивалась метрология, и какие эталоны существуют на данный момент, чтобы было возможно производить качественные услуги. Этим обуславливается актуальность проблемы.

Сегодняшняя метрология и стандартизация невероятно развиты. Существует огромное количество средств измерения различных величин. Человек может измерить плотность светового потока, скорость ветра, скорость движения автомобиля, массу предметов и много чего еще. В этом ему помогают различные средства измерения. Для того что бы измерить скорость используется спидометр, массу — весы, длину — линейка и т. д. Но мы не задумываемся над тем, как же человек обходился без этих приборов, например 500 лет назад, а 1000, а в самом начале своего существования? Ведь тогда не было никаких приборов кроме каких-нибудь веревок, камней да и собственного тела. Но они строили здания, дома, дороги, замки и т. д. Существует огромное количество записей с упоминанием тех средств, которые использовали люди тогда, какие термины, какое оборудование и т. д.

На самом деле в каждом уголке Земли были разные народы, разные племена, а соответственно и разные взгляды на то, что и как делать. То есть у всех было разное понимание меры длины и меры массы [3].

Поэтому стоит рассмотреть хотя бы один из народов, а значит, чтобы узнать себя получше, можно рассмотреть древнерусскую эпоху. Наши предки использовали довольно-таки обширный терминологический словарь, который сильно отличается от настоящих терминов [1]. Чтобы не

сильно углубляться в историю, можно заглянуть в 18 век. Это время, когда в Российской империи уже существовала определенная система мер и длин. Но все это следовало упорядочить, потому что на тот момент количество разнообразных мер достигало 400, что крайне затрудняло не только торговое направление империи, а также и область судостроения, архитектурную составляющую и т. д. Поэтому в XVIII веке остро встал вопрос того, что необходимо создать поверочное дело, по сути, сегодняшняя метрология, которое бы контролировало все нормы в стране. Также было необходимо было создать эталоны основных мер, и поместить их в поверочное депо, чтобы по этим эталонам можно было сверить правильность измерения того или иного продукта [2].

Но весь процесс становления метрологии очень спорился, потому что на тот момент даже монеты, всегда взвешивались на таможенном пункте, а после, огромное количество, раз еще пере взвешивали, по итогу получался постоянно разный вес. Руководство решило, что наиболее точные весы находятся именно на таможенном пункте, поэтому решено было сделать с таможенных весов образцовые, поместить их при Сенате и по ним производить поверку. Далее стали вводить первые эталоны, таким образом, мерой длины Образцом меры длины при определении величины аршина и сажени послужила линейка, принадлежавшая ранее Петру Великому. На ней был отмерен полу аршин, именно по ней были сделаны такие эталоны как медный аршин и деревянный сажень. Среди поступивших в Комиссию мер сыпучих тел был выбран четверик Московской большой таможни, по которому осуществлялась поверка мер сыпучих тел других городов. За основу мер жидкости было принято ведро, присланное из Каменноостовского питейного двора в Москве.

Далее в 1736 году произошло знаменательное событие в мире измерений, был сенат принял решение об образо-

вании Комиссии весов и мер во главе с главным директором Монетного правления графом Михаилом Г. Г. Комиссией была проведена достаточно трудоемкая работа и самое главное кропотливая, они ввели образцовые меры — то есть эталоны. В то же время было установлено отношение различных мер друг к другу, и разработан проект организации поверочного дела в стране. Этими действиями Комитет смог определиться с отправной точкой, которой стали те самые эталоны. Так, например была установлена следующая связь, а именно объем одного ведра и четверика, так объем ведра составил 136,297 кубических вершков [4]. И такими постепенными шагами стали преобразовывать всю метрическую систему в стране.

Этим последовало еще одно событие, были изготовлены три эталона аршина: хрустальный, стальной и медный. Основанием при определении их величины послужило приведение аршина и сажени к кратному отношению с английскими мерами — в сажени 7 английских футов, в аршине — 28 англ. дюймов. Эти образцы были переданы в министерство внутренних дел, а после этого потребовалось изготовить 52 медных аршина, это было сделано для того, чтобы отправить в каждую губернию.

Метрология прошла огромный путь становления, и пришла к сегодняшнему виду спустя огромное коли-

чество изменений. И описанный этап лишь часть этой огромной истории. Но именно в этот момент в истории России появилась метрология, как неотъемлемая часть жизни человека. Именно здесь зародились те основные принципы и цели, которым сегодняшние метрологи следуют. На сегодняшний день все те эталоны что были приняты еще в 18 веке, сохранились до наших дней и строго охраняются законом. Метрология очень сильно влияет на жизнь человека, пойти что-то измерить, где-то глубину, где-то массу и т. д. Таких примеров крайне много [5]. Поэтому метрология как наука совершенствуется по сей день, и постоянно под ее строгий взгляд попадают все новые области жизни и производства человека. Машины, электроника, робототехника, программирование, производство товаров, сфера услуг, это лишь неполный список того, где необходимо соблюдать принятые во всем мире правила, которым следуют большинство организаций планеты. Потому что фактически в любой сфере необходим контроль, необходимы нормы, необходимы незыблемые законы, которым нужно следовать, чтобы производить качественный товар. Да метрология была придумана для того чтобы обеспечить качество и единообразие, чтобы было проще так сказать жить, поэтому все и следуют нормам, чтобы не вносить беспорядок в итак сложную систему организации стандартов.

#### Литература:

1. С. В. Мищенко, С. В. Пономарев, Е. С. Пономарева, Р. Н. Евлахин, Г. В. Мозгова «История метрологии, стандартизации, сертификации и управления качеством» Издательство ТГТУ 2004. — 112 с.
2. Бурдун, Г. Д., Марков Б. Н. Основы метрологии: Учеб. пособие для вузов. — М.: Изд — во стандартов, 1985. — 256 с.
3. Интернет-источник: [http://gov.cap.ru/list2/view/02SV\\_SPEECH\\_OV/form.asp?id=2437&pos=3&GOV\\_ID=97](http://gov.cap.ru/list2/view/02SV_SPEECH_OV/form.asp?id=2437&pos=3&GOV_ID=97)
4. Сергеев, А. Г. Метрология: учебник и практикум для СПО: для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. — 2-е изд., переработанное и дополненное. — Москва: Юрайт, 2017. — 421 с.
5. Хромой, Б. П. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студентов и аспирантов, / Б. П. Хромой. — Москва: Горячая линия — Телеком, 2018. — 432 с.

## Эффективные методы использования материалов на основе коллагена в производстве меховых изделий.

Темирова Гулноз Ибодовна, старший преподаватель, PhD  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Одним из перспективных направлений совершенствования технологии обработки одежды из меха является использование коллагенсодержащих прокладочных материалов [1].

Известно, что в конструкциях и материалах, где имеет место градиент температуры, имеет место температурные напряжения и они не могут свободно расширяться в некоторых направлениях [2].

Большое внимание в скорняжно-пошивочном производстве уделяется вопросам безотходного использования шкурок пушно-мехового полуфабриката [3].

В меховой промышленности, в связи с ограниченными сырьевыми ресурсами, наибольшее внимание уделяется разработке и внедрению малоотходной ресурсосберегающей технологии, которая направлена на экономию сырья и материалов.

Коллагенсодержащий материал (КСМ) — продукт переработки коллагеновой массы, состоящий из водоненных коллагеновых волокон. Выбор коллагенсодержащих материалов для изготовления одежды из меха обусловлен необходимостью уменьшить число используемых вспомогательных материалов, а также избавить меховые полуфабрикаты от некоторых пороков кожаной ткани, не ухудшая при этом гигиенических и других свойств готового изделия.

Основными предпосылками использования коллагенсодержащих материалов в изделиях из меха является:

- повышение пластичности при увлажнении, обеспечивающее формование деталей из готовых материалов;
- хорошая формоустойчивость, позволяющая использовать эти материалы в качестве формозакрепляющих;
- достаточная прочность, дающая возможность для применения методов раскроя и ниточных соединений при создании заданной формы детали конструктивными методами.

Адгезия представляет собой связь (сцепление) между приведенными в контакт разнородными поверхностями [4–7]. В технологии одежды — это получение неразъемного соединения деталей одежды посредством установления между ними адгезионного взаимодействия с помощью адгезива. В зависимости от выполняемой роли компоненты адгезионного соединения имеют следующие названия: субстраты, к которым относят компоненты, подвергаемые сцеплению (в данном случае меховой полуфабрикат), и адгезивы (коллагенсодержащий материал) [4]. При этом происходит смачивание субстрата растекающимся адгезивом, что приводит к установлению молекулярного контакта между соприкасающимися поверхностями и в конечном итоге — к образованию соединения, обладающего в зависимости от характера и интенсивности межфазного взаимодействия той или иной прочностью [8].

В настоящее время при изучении и объяснении особенностей проявления адгезии используют разные теории, которые находятся в большей зависимости от области их применения. Почти все основные теории были разработаны для твёрдых тел [4].

Ни одна из рассмотренных теорий адгезии не даёт всестороннего объяснения сущности процессов склеивания разнообразных материалов различными адгезивами. Многие исследователи считают, что в большинстве случаев образования адгезионного соединения наблюдается суммарный эффект от проявления перечисленных выше теорий с возможным преимущественным проявлением одной из них.

Поэтому при использовании этих теорий в применении к складочным коллагенсодержащим материалам с точки зрения адгезионных свойств пакетов меховых изделий, необходимо учитывать, что все компоненты адгезионного взаимодействия (меховой полуфабрикат

в коллагенсодержащий материал) представляют собой высокомолекулярные материалы.

Если субстрат имеет гладкую поверхность и адгезия адгезива к субстрату сравнительно невелика, разрушение клевого шва идет по границе раздела адгезия — субстрат. С увеличением неровности поверхности субстрата возрастает истинная поверхность контакта, приходящаяся на единицу номинальной поверхности субстрата. Это может приводить к значительному увеличению прочности склеивания или даже к изменению характера разрушения склейки при расслаивании — адгезионный отрыв заменяется когезионным. Кожевая ткань меха имеет шероховатую поверхность.

Влияние на величину адгезии температуры, при которой производится расслаивание склеек, следует стараться отличать от влияния температуры, при которой происходит образование адгезионного шва. Согласно диффузионной теории адгезии, с повышением температуры в первом случае адгезионная прочность должна падать вследствие увеличения теплового движения и облегчения вытаскивания макромолекул адгезива из субстрата. Во втором случае, как мы уже видели, температура может только увеличивать адгезионную прочность благодаря интенсификации процесса диффузии.

Механические свойства всех коллагенсодержащих материалов зависят от температурного воздействия. При небольшом повышении температуры коллаген переходит постепенно в высокоэластическое состояние, в результате чего его препараты перестают быть практически пригодным материалом. Медленное падение прочности коллагена происходит при нагревании его в интервале температур, равном 50–100°C, причем механические свойства не восстанавливаются [9]. Поэтому при выявлении влияния температуры на адгезионную прочность при проведении эксперимента уровни варьирования устанавливаются в пределах от 20 до 40°C.

Становясь на позицию диффузионной теории, неизбежно приходится принять, что на адгезию высокополимеров должны сильнее всего влиять такие свойства молекул, которые определяют способность адгезива растворяться в субстрате и диффундировать в него, то есть влияние на адгезию природы адгезива и субстрата. К ним относятся молекулярный вес, форма и строение молекул, присутствие в них полярных групп и т. д. КСМ и кожаная ткань меха имеют в своем составе коллаген, а, следовательно, имеют одинаковую форму и строение молекулы, имеют в своем составе полярные группы. Поэтому эти факторы не рассматриваются при проведении полного факторного эксперимента.

На адгезию влияют различные технологические факторы. При рассмотрении влияния пластификатора на адгезию высокополимера следует исходить из общих представлений диффузионной теории. Тогда введение пластификатора в высоковязкий адгезив, тепловое движение молекулярных цепей которого затруднено, может способствовать диффузии и, следовательно, повышать ад-

гезию и прочность склеивания. Введение же пластификатора в сравнительно низковязкий адгезив будет облегчать «вытаскивание» молекул адгезива из субстрата и, таким образом, ухудшать адгезию. Кроме того, введение пластификатора в такой адгезив будет сильно снижать его механические свойства, что также может приводить к ухудшению его склеивающей способности.

Аналогичные выводы следует сделать и в отношении влияния на адгезию количества пластификатора, содержащегося в адгезиве. При введении в достаточно высоковязкий адгезив небольшого количества пластификатора адгезия возрастает, при большом же его количестве прочность склеивания, конечно, падает из-за потери клеящим веществом своих механических свойств.

Высокопрочные упругоэластичные адгезивы, обладающие малой специфической адгезией, прилипают к поверхности со значительно большей прочностью при наличии ее механического нарушения. С увеличением степени нарушения поверхности сопротивление расщеплению непрерывно растет [7].

Так как кожаная ткань меха не отличается хорошими показателями прочности, а исследование адгезионных свойств в данной работе осуществляется с целью возможности повышения прочности адгезионного соединения, то механическая обработка субстрата не производится.

Помимо механической обработки применяют химическую обработку высокополимеров. При воздействии химических агентов на высокополимеры наблюдается улучшение адгезии. Повышение адгезии объясняется повышением полярности поверхности и увеличением вследствие этого молекулярных сил, действующих между субстратом и клеевой пленкой. Доказательством правильности такого предположения считали то обстоятельство, что повышение адгезии всегда сопровождалось увеличением адгезивафильности.

На прочность сцепления существенное влияние оказывает вязкость полимерной композиции при нанесении покрытия на субстрат, так как ею определяются скорость затекания покрытия в структуру субстрата и полнота достигаемого контакта.

Таким образом, для проведения полного факторного эксперимента выбирают факторы, определяющие

адгезию, которые подлежат варьированию, а именно: толщина адгезива (коллагенсодержащего материала), скорость отслаивания, вязкость, пластификатор и температура отслаивания образцов.

В качестве пластификатора в коллагеновой смеси используется глицерин, его количественные значения при проведении полного факторного эксперимента варьируются в пределах от 100 % до 160 %.

Вязкость коллагеновой смеси зависит от величины сухого остатка коллагена, содержание которого варьируется от 2 % до 8 %.

Влияние толщины коллагенсодержащего материала на прочность склеивания определяется исходя из количества коллагена на единицу площади.

Для установления наличия сил межмолекулярного взаимодействия между контактирующими фазами в данной работе варьируются значения температуры прогрева системы адгезив — субстрат.

Основной характеристикой адгезионного взаимодействия является адгезионная прочность, которая характеризует способность адгезионного соединения сохранять свою целостность. Количественную характеристику этого свойства выражают сопротивлением разрушению адгезионного соединения по межфазной границе под действием внешних усилий (напряжений отрыва, отслаивания, расслаивания, сдвига, вырыва, кручения и т. п.). При измерении адгезионной прочности обычно пользуются удельными значениями величин, относя сопротивлений разрушений к единице площади контакта (при отрыве, сдвиге, кручении, вырыве) или к единице ширины образца (при отслаивании или расслаивании) [10].

В результате исследования путей совершенствования традиционной технологии за счет новых методов обработки, основанных на использовании коллагенсодержащих материалов, выявлено, что применение такого метода, как нанесение коллагенсодержащей смеси на кожаную ткань меха, позволяет одновременно реализовать малооперационную технологию и регулировать свойства меховых полуфабрикатов за счет изменения состава, количества, концентрации и параметров нанесения коллагенсодержащей смеси на поверхность материала, увеличивая его полезную площадь.

#### Литература:

1. Темирова, Г. И. Повышение эффективности использования коллагенсодержащих материалов при производстве качественных и ресурсосберегающих меховых изделий // Всероссийская конференция молодых исследователей с международным участием «Социально-гуманитарные проблемы образования и профессиональной самореализации» (Социальный инженер-2020). — 2020. — с. 152–158.
2. GI, Temirova. «Mathematical Modeling of the Stress-Deformed State of a Fur Package With a Constant Cross Section Under the Action of a Heat Field and External Forces». Eurasian Journal of Academic Research 1.04 (2021).
3. Ташпулатов, С. Ш., Темирова Г. И., Черунова И. В., Расулмухамедова Б. А., Азимова М.Н// Разработка способа изготовления меховых изделий на основе ресурсосбережения. Universum: технические науки. Научный журнал ноябрь, 2021 г.
4. Кузьмичев, В. Е., Герасимова Н. А. Теория и практика процессов склеивания деталей одежды. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 256 с.

5. Долгаев, С. Г. Адгезионное взаимодействие полимеров, теории адгезионного взаимодействия материалов различной природы: Реферат. — М.: МГАЛП, 2004—42 с.
6. Кокеткин, П. П. Одежда: технология — техника, процессы — качество. — М.: Изд. МГУДТ, 2001—560 с.
7. Темирова, Г. И. и др. Перспективные направления использования коллагенсодержащих материалов при изготовлении изделий различного ассортимента // Научно-технический журнал Наманганского инженерно-технологического института. — 2020. — №. 1. — с. 63–67.
8. Kodirova, D. X., Mamatova D., Temirova G. I. Specifications for working on detailsof heat exchanged natural fur // Вестник магистратуры. — 2019. — №. 4–3 (91). — с. 35–36.
9. Temirova, G. I., Tashpulatov S. S. An analysis of art decoration used in sewing items //The latest research in modern science: experience, traditions and innovations. — 2018. — с. 41–44.

## Определение износостойкости титанового образца в условиях абразивного износа, упрочненного электромеханической поверхностной закалкой с последующей ультразвуковой обработкой

Торянников Антон Юрьевич, аспирант;  
Барышников Александр Алексеевич, аспирант  
Волгоградский государственный технический университет

*В этой статье представлены результаты стендовых испытаний износостойкости титанового сплава, упрочненного электромеханической поверхностной закалкой с последующей ультразвуковой обработкой.*

*Ключевые слова: электромеханическая поверхностная закалка, ультразвуковая обработка, износостойкость, титановый сплав.*

**Ц**ель исследования — определение износостойкости титанового образца в условиях абразивного износа, упрочненного электромеханической поверхностной закалкой с последующей ультразвуковой обработкой.

Это актуальная техническая задача, т. к. износ механизмов являются причиной потери их работоспособности. И именно поверхностный слой определяет эксплуатационные свойства деталей — износостойкость, прочность, контактную выносливость, коррозионную стойкость и др.

К тому же для увеличения долговечности деталей на крупных предприятиях используется дорогостоящее оборудование упрочнения, которое не могут позволить малые предприятия, выпускающие штучные изделия. Поэтому наиболее эффективным направлением снижения себестоимости изготовления деталей и повышения качества машин являются технологии обработки поверхностей концентрированными потоками энергии, имеющие ряд особенностей, выгодно отличающих их от других способов термообработки. К таким технологиям и относится электромеханическая поверхностная закалка [4].

Задача исследования — провести стендовые испытания на износостойкость.

### Выбор материала

В качестве образцов для испытаний на износ был выбран высокопрочный титановый сплав марки BT22 переходного класса ( $\alpha+\beta$ ), обработанный до цилиндров диаметром 42 мм и длиной 10 мм (рисунок 1 а). Использовались два образца. Образец № 1 не обрабатывали, образец № 2 обрабатывали сначала электромеханической обработкой

при плотности тока 300 А/мм<sup>2</sup>, а затем безабразивной ультразвуковой финишной обработкой.

В качестве ответного образца (контртела) для испытаний на износ была выбрана сталь конструкционная углеродистая качественная марки 45 в форме колодки диаметром 42 мм (рисунок 1 б).

### Обработка материала

Для поверхностного упрочнения титанового сплава был выбран метод электромеханической обработки. Поверхностную закалку цилиндрического образца проводили на токарно-винторезном станке. Принципиальная схема электромеханической обработки показана на рисунке 2.

Преимуществом метода ЭМО является универсальность (гибкость), обусловленная возможностью использования в качестве базовых типовых металлорежущих станков, а также относительно несложного и удобного в применении электрооборудования [1, 2, 3].

Ультразвуковую обработку поверхности образца проводили после электромеханической обработки на том же токарно-винторезном станке.

### Оборудование для испытания

Испытание на износостойкость проводили на испытательной машине СМЦ-2 (рисунок 3). До и после испытаний испытуемый образец, и контртело очищались, а затем просушивались теплым воздухом для обеспечения точности измерений. Исследуемые образцы взвешивали на аналитических весах до, и после каждого испытания для расчета потери массы.

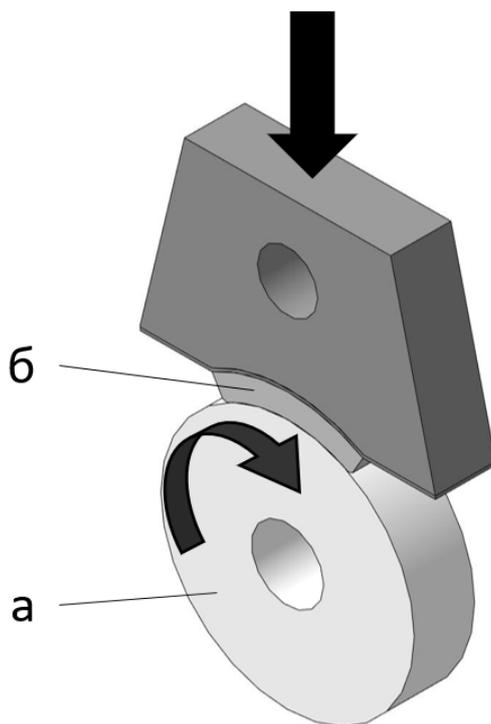


Рис. 1. Схема образцов для испытания на износ: а — исследуемый образец, б — ответный образец (контртело)

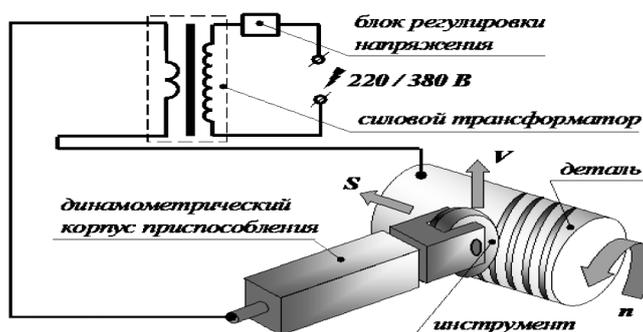


Рис. 2. Принципиальная схема электромеханической обработки



Рис. 3. Испытательная машина СМЦ-2

### Результаты исследования

Результаты испытания представлены в виде графика (рисунок 4) зависимости массы снятого слоя от числа оборотов. На рисунке 4 ось «X» — число циклов, ось «Y» —

масса снятого слоя. Данные показывают, что упрочнённый образец быстро стирается и уже через 40 минут (соответствует 30 000 об/мин) упрочнённый слой был полностью изношен.

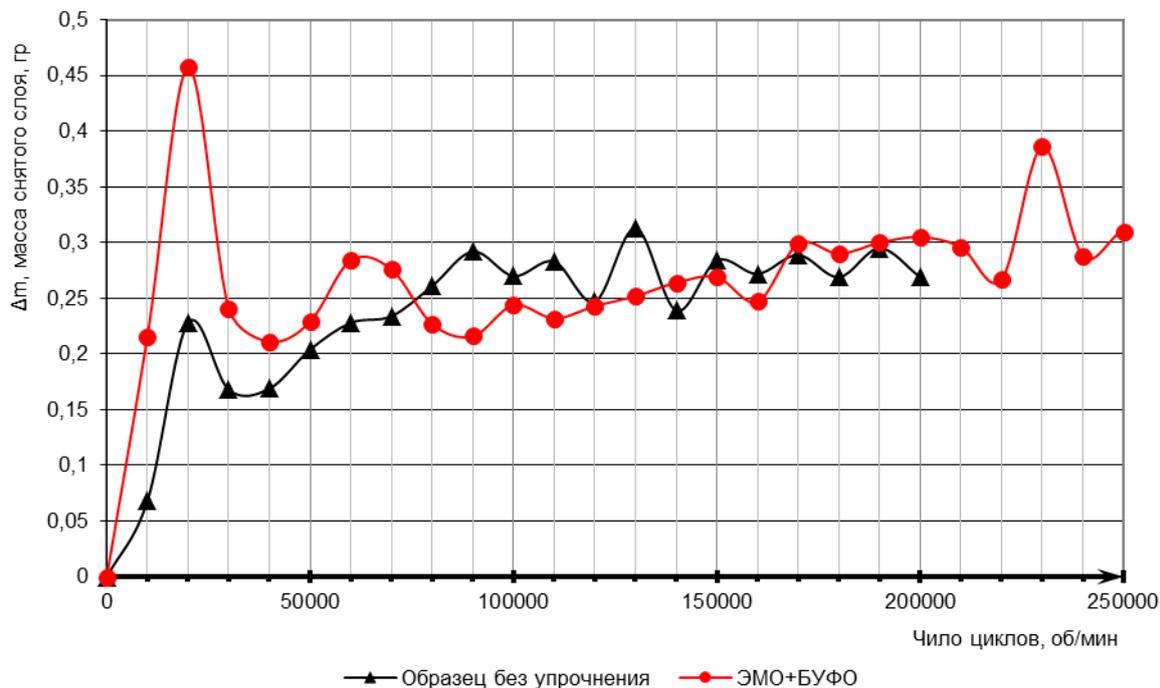


Рис. 4. График зависимости массы снятого слоя от числа оборотов

### Выводы

После испытаний был сделан следующий вывод, что для такого вида контакта как износостойкость данный метод упрочнения неэффективен. В дальнейшем планируется изучить влияние на физико-механические свой-

ства стали при других параметрах упрочнения, а также провести испытания на контактную выносливость. Будет также применен такой же метод электрохимического упрочнения с последующей ультразвуковой обработки.

### Литература:

1. Hao, S. et al. Surface modification of steels and magnesium alloy by high current pulsed electron beam //Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. — 2005. — Т. 240. — №. 3. — с. 646–652.
2. Matlák, J., Dlouhý I. Properties of electron beam hardened layers made by different beam deflection //Manufacturing Technology. — 2018. — Т. 18. — с. 279–284.
3. Григорьев, С. Н. и др. Влияние высококонцентрированных энергетических обработок на структуру и свойства среднеуглеродистой стали // Металлы. — 2020. — Т. 10. — №. 12. — с. 1669.
4. Федорова, Л. В. и др. Технологические основы повышения износостойкости деталей электрохимической поверхностной закалкой //Известия высших учебных заведений. Машиностроение. — 2017. — №. 9 (690). — с. 85–92.

## Определение критического теплового потока для воспламенения материалов

Чечельницкий Виктор Валерьевич, студент магистратуры  
 Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

В статье рассмотрены проблемы зависимости тепловых потоков от расстояния до пожара при различных видах горения; результаты, полученные с помощью радиометрических методов, очень полезны при анализе пожарной опасности.

**Ключевые слова:** тепловой поток, пожарная безопасность, развитие пожара, противопожарная защита, пожарный риск.

Ряд технологических процессов в области металлургии и химии характеризуется высокоинтенсивным тепловым излучением, плотность которого может достигать десятков киловатт на квадратный метр. Как указывают Д. А. Минкин, А. В. Шарков, В. А. Кораблев, А. С. Некрасов и С. В. Фадеева, большую плотность имеют также тепловые потоки при сильных пожарах. При измерении тепловых потоков применяются различные тепломеры. Верхний предел измерений этих тепломеров не превышает 20 кВт/м<sup>2</sup>. Для измерения нестационарных высокоинтенсивных тепловых потоков применяются приборы, включающие, например, радиометр, устройство преобразования сигнала в цифровой код и персональный компьютер [6].

Крупные пожары с высокой тепловой нагрузкой, например на объектах добычи нефтегазового комплекса, нефтегазоперерабатывающей промышленности, хранения

и переработки сжиженных углеводородных газов (СУГ), сливноналивных эстакадах для легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), горючих жидкостей (ГЖ), складах лесоматериалов, сопровождаются развитием интенсивных конвективных и тепловых потоков. Данные пожары, характеризуются воздействиями следующих опасных факторов: тепловое излучение, конвективные тепловые потоки, задымление и загазованность продуктами горения, мощные воздушные потоки, турбулизация газовой среды в зоне пожара. Кроме того, возможны воздействия элементов разрушающихся конструкций, выбросы нефтепродуктов и газов, взрывы.

Вблизи фронта пламени наибольшую опасность представляет воздействие тепловых потоков, на долю которых приходится до 90 % всего выделяющегося при горении тепла. Зависимость тепловых потоков  $q$  от расстояния  $l$  до пожара при различных видах горения представлена на рисунке.

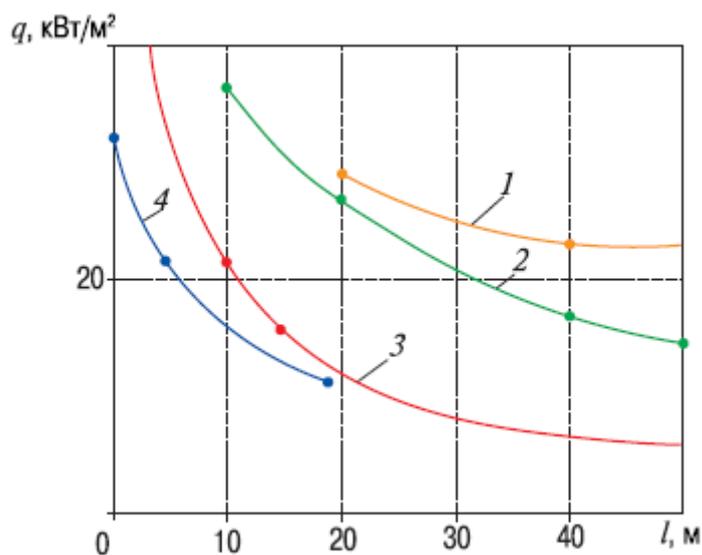


Рис. 1. Зависимость тепловых потоков от расстояния до пожара при различных видах горения: 1 — распыленный нефтяной фонтан с дебитом 2·10<sup>6</sup> м<sup>3</sup>/сут; 2 — штабель дров высотой 12 м; 3 — факел СУГ с расходом 10 кг/с; 4 — штабель лесоматериалов 6×6×6 м

Как указывают Еналеев Р. Ш., Красина И. В., Гасилов В. С., Тучкова О. А. и Хайруллина Л. И., конструкции и методы условно принято разделять на две группы: калориметрические и радиометрические. В калориметрических методах экспериментально измеряемая температура фактически фиксирует приращение энтальпии дат-

чика в процессе нагрева [4]. Таким образом, калориметрия пригодна для измерения интегрального потока или средней облученности, но не дает информации о распределении ее во времени и пространстве. В радиометрических методах конструкция датчика и метод измерения по-

зволяют по экспериментальным измерениям определять динамику изменения плотности теплового потока.

Пожарно-технические характеристики материалов, такие как температура вспышки, температура самовоспламенения, критическая температура термоокислительной деградации, скорость потери массы при горении материалов не являются физико-химическими константами, а сильно зависят от условий испытаний и истории развития образца.

Применение пожарно-технических параметров на практике при оценке пожарной опасности, таких как температура вспышки, температура воспламенения и температура самовоспламенения, очень затруднено. Основываясь на этих данных, мы не можем точно определить безопасное расстояние горючих материалов от источников воспламенения [1].

Когда реальный крупный пожар происходит в основном в замкнутых пространствах, тепловой поток играет значительную роль в распространении огня, особенно радиации. Для определения критического теплового потока

для воспламенения материалов использовались крупногабаритные и различные лабораторные испытания. В настоящее время наиболее часто используемый метод испытаний основан на принципе потребления кислорода при горении, а источник зажигания электрически нагревается коническим нагревателем.

Так, в исследовании влияние теплового потока на самовоспламенение ориентированной доски стренги, ученые Словацкого технологического университета в Братиславе Б. Кароль и Х. Зигфрид, использовали размеры образцов плит OSB (165 x 165 x 8) мм, (165 x 165 x 14) мм и (165 x 165 x 25) мм. Выбранные материалы доски были кондиционированы при комнатной температуре  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  и при относительной влажности воздуха  $50 \pm 5 \%$  [7].

В эксперименте использовалась вертикальная электрорадиационная панель (VERB), нагреваемая электрическими катушками (Рис. 2). Эта панель нагревается электрическими катушками и имеет размеры 345 мм × 515 мм.



Рис. 2. Вертикальная панель электрического излучения с радиометром

Вертикальная электрическая излучающая панель питается от электрической сети напряжением 400 В, а электрическая мощность излучателя может управляться с помощью трех автоматических выключателей. Выход излучателя можно регулировать в диапазоне 5 кВт, 10 кВт и 15 кВт. Образец крепится к вертикальному носителю образца.

Плотность теплового потока на выбранном расстоянии проверялась с помощью радиометра SBG01-200 в соответствии с ISO/DIS 14934<sup>-4</sup>. Этот радиометр предназначен для измерения теплового потока до  $100 \text{ кВт/м}^2$ .

Установка измерителя теплового потока на образец: когда измеритель теплового потока устанавливается в образец OSB, в образце просверливаются отверстия для размещения корпуса измерителя теплового потока.

В таблице 1 приведены измеренные значения теплового потока для выбранного выхода излучения на расстоянии 50 мм от источника излучения.

По результатам эксперимента были сделаны выводы, что первая стадия термодеструкции исследуемая методом тг анализа начинается при  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  и заканчивается при  $380 \text{ }^\circ\text{C}$ . В этом интервале наибольшая потеря веса образцов составила 66,72 %. Вторая стадия термодеструкции начинается при температуре  $380 \text{ }^\circ\text{C}$  и заканчивается при температуре  $486 \text{ }^\circ\text{C}$ . Термическое разложение образцов ОСБ происходило в два этапа. На первом этапе наибольшая скорость разложения ОСБ была при  $326,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , а на втором-при  $450,3 \text{ }^\circ\text{C}$  (Рис. 3).

Результаты ДСК приведены на рис. 6. Экзотермическое разложение образца OSB при скорости нагрева  $10 \text{ }^\circ\text{C мин}^{-1}$  происходило от  $220 \text{ }^\circ\text{C}$  и продолжалось до  $560 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температура, при которой происходила максимальная скорость тепловыделения образца ОСП в воздухе, составляла  $356 \text{ }^\circ\text{C}$ . Второй пик пришелся на  $486,2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Изменение энтальпии реакции образца ОСП составило  $9663,7 \text{ Дж}$ , а  $\Delta H$  составлял  $51,701 \text{ Дж}$ .

Таблица 1. Выходное влияние электроннагреваемой радиационной панели на уровень теплового потока на постоянном расстоянии от испытуемых образцов

Выход панели излучения	5 кВ		10 кВ		15 кВ	
Расстояние до источника [мм]	Выходное напряжение [V]	Плотность теплового потока [Кв * м <sup>-2</sup> ]	Выходное напряжение [V]	Плотность теплового потока [Кв * м <sup>-2</sup> ]	Выходное напряжение [V]	Плотность теплового потока [Кв * м <sup>-2</sup> ]
50	7.08	31	9.84	44	11.59	53

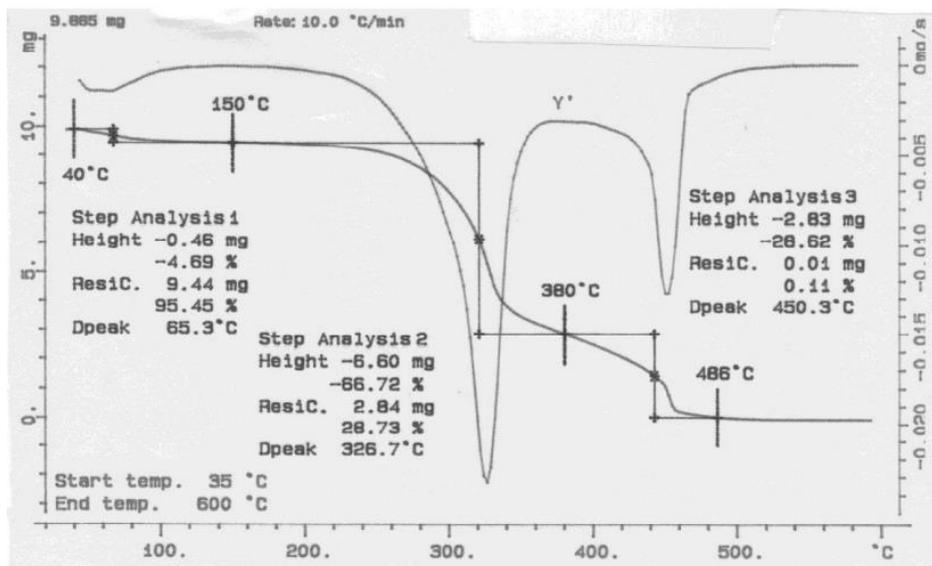


Рис. 3. Кривые тг и ДТГ образца ОСП (скорость нагрева 10 °С мин<sup>-1</sup> и расход воздуха 200 мл \* мин<sup>-1</sup>)

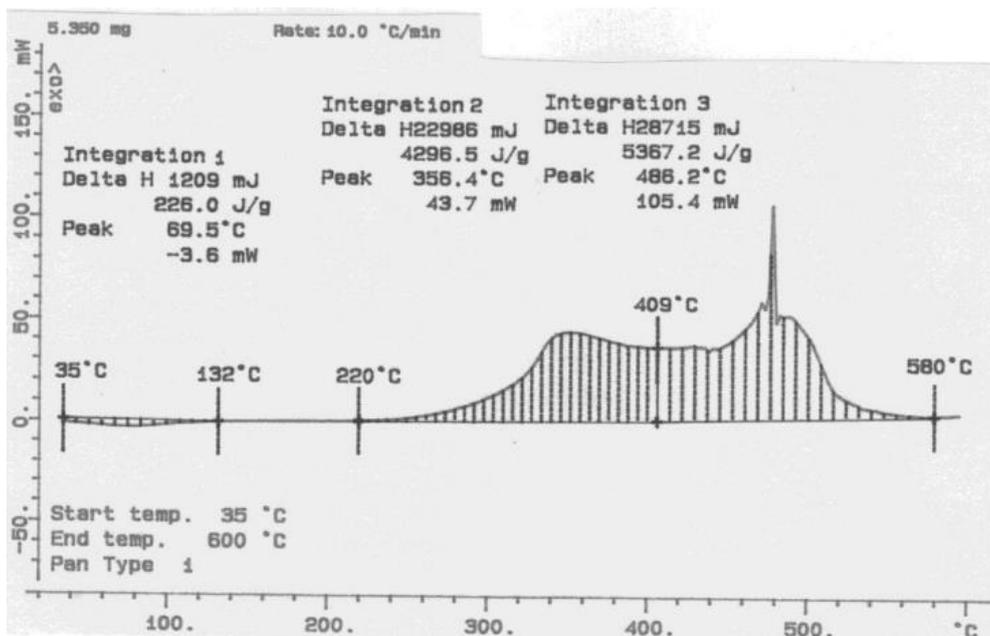


Рис. 4. ДСК-кривая термического разложения ОСП в динамическом потоке воздуха

Для каждого теплового потока  $31 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ ,  $44 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  и  $53 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  авторами были проведены семь измерений для определения времени до пламенного воспламенения образцов ОСП толщиной 8 мм, 14 мм и 25 мм. Расстояние от поверхности электрообогреваемого излучателя до поверхности образца было постоянным 50 мм. Установлено, что при подаче теплового потока  $31 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  на поверхности образцов не происходит горения пламени менее

чем за 10 минут. При таком режиме тепловая нагрузка генерирует на поверхностях обогащенный углеродный слой. Кроме того, при использовании образцов OSB толщиной 8 мм, 14 мм и 25 мм тепловой поток был недостаточен для воспламенения образцов и наблюдался только процесс тления. На поверхности образовался сплошной слой углерода (Рис. 5).



Рис. 5. Образцы OSB подвергается воздействию теплового потока от  $31 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  на 10 минут. (слева толщина образца: 8 мм, 14 мм, 25 мм)

Далее в следующем эксперименте была увеличена интенсивность теплового потока до  $44 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ . Все образцы при тепловом потоке  $44 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  воспламенялись и в ходе экспериментов происходило пламенное горение. Среднее время до воспламенения для образца толщиной 8 мм составило 69 секунд, для образца толщиной 14 мм время до воспламенения снизилось до 56 секунд. На рис. 5 показан режим горения для выбранного теплового потока  $44 \text{ кВт} \cdot$

$\text{м}^{-2}$ . При использовании теплового потока  $44 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  образец толщиной 25 мм имеет время самовоспламенения 61 сек. Образцы OSB демонстрируют прочную поверхность деградации с образованием углеродного слоя на поверхности. На первой стадии деградация обусловлена пламенным горением, а на второй — разложением при беспламенном горении (рис. 6–7).

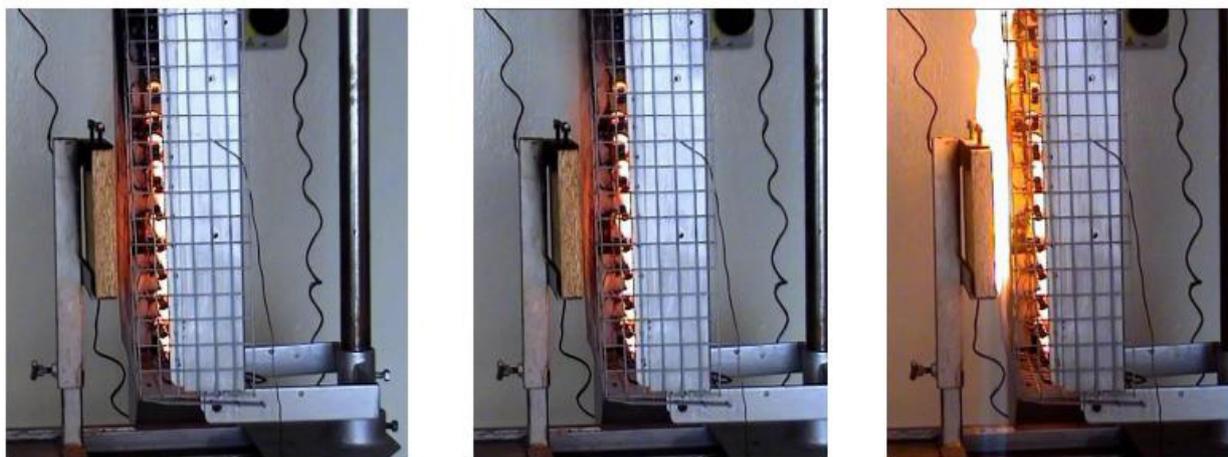


Рис. 6. Эксперимент по воспламеняемости плиты OSB толщиной 25 мм при тепловом потоке  $44 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$



Рис. 7. Образцы ОСБ при воздействии теплового потока  $44 \text{ кВт.м}^2$  на 10 минут. (слева: 8 мм, 14 мм, 25 мм)

При тепловом потоке  $53 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  в ходе эксперимента каждый образец самовоспламенялся. Рисунки 10–11 показывают режим горения для выбранного теплового потока  $53 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ .

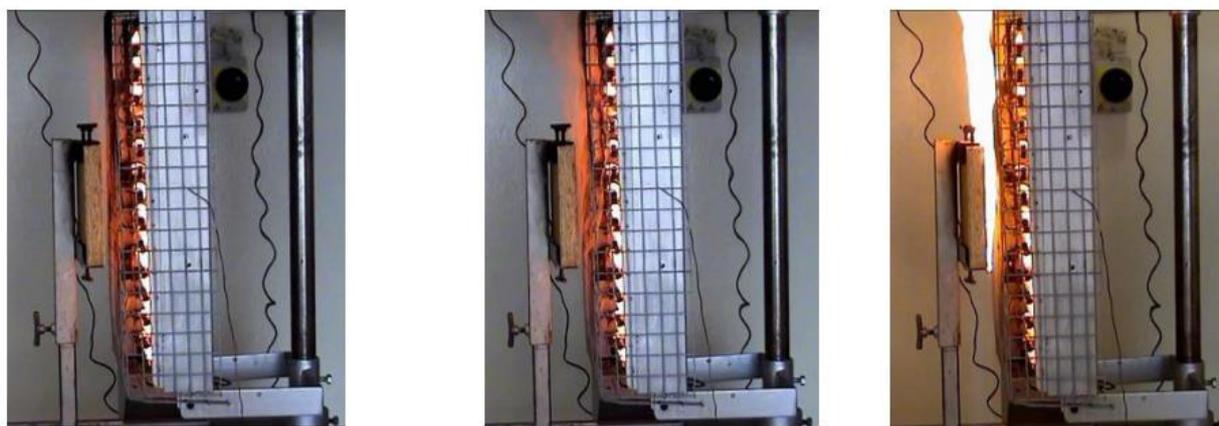


Рис. 8. Эксперимент по воспламеняемости плиты OSB толщиной 25 мм при тепловом потоке  $53 \text{ кВт.м}^{-2}$

Среднее время самовоспламенения плиты 8 мм ОСБ при тепловом потоке  $53 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  составило 61 с. Большая разница (13 секунд) была даже измерена между образцами 14 мм и 25 мм. Можно предположить, что толщина образцов оказывает существенное влияние на время самовоспламенения. На рис. 9 показаны образцы плит ОСБ (толщиной 8 мм, 14 мм и 25 мм), подвергнутые воздействию теплового потока мощностью  $53 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  до включения пламени горения.

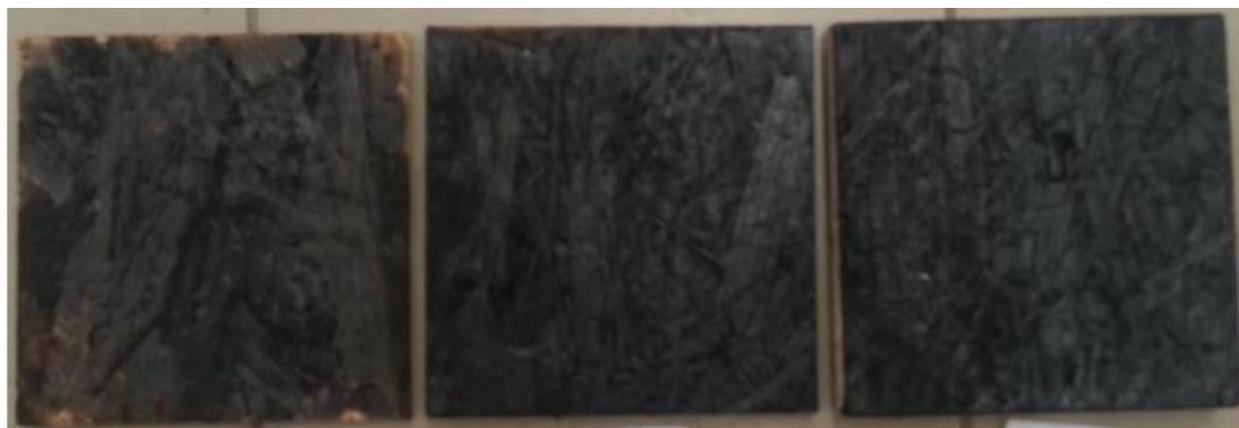


Рис. 9. Образцы ОСБ воздействию теплового потока  $53 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$  на 10 минут. (слева: 8 мм, 14 мм, 25 мм)

В заключение можно отметить, что на время воспламенения и огневое поведение образцов влияет их толщина, однако решающее значение имеет величина теплового потока.

Три стадии процесса горения — пиролиз, горение и окисление — тесно взаимосвязаны.

Проведенные исследования ясно показывают, что время самовоспламенения образцов ОСБ сильно зависит

от плотности теплового потока и ориентации образца. Результаты, полученные с помощью радиометрических методов, очень полезны при анализе пожарной опасности. Поэтому дальнейшие исследования параметров воспламенения, типа излучателя, наличия пилотного пламени и времени тепловой нагрузки были бы полезным продолжением для уточнения образцов и процесса горения в начальной фазе пожара.

#### Литература:

1. Бабраускас, В. Справочник по зажиганию: принципы и приложения к технике пожарной безопасности, расследованию пожаров, управлению рисками и криминалистике. — Issaquah: Fire Science Publishers, 2003. — viii, 1116 с.
2. Геращенко, О. А. Теоретические и прикладные вопросы теплотметрии: дис. ... д-ра техн. наук: 01.04.14 / Геращенко Олег Аркадьевич. — К.: ИТТФ АН УССР, 1969. — 170 с.
3. Декуша, Л. В. Средства теплотметрии на базе термоэлектрических преобразователей теплового потока: дис. докт. техн. наук: 05.11.04 / Декуша Леонид Васильевич. Львов, 2016. — 495 с.
4. Еналеев, Р. Ш., Красина И. В., Гасилов В. С., Тучкова О. А., Хайруллина Л. И. Измерение высокоинтенсивных тепловых потоков // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmerenie-vysokointensivnyh-teplovyh-potokov> (дата обращения: 05.05.2022).
5. Крутолапов, А. С., Чешко И. Д. Огнепреграждающие сеточные экраны для защиты технологического оборудования нефтегазопроводов // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. — 2014. — № 1. — с. 67–72.
6. Радиометр для измерения плотности высокоинтенсивных тепловых потоков и метод его калибровки / А. В. Шарков, В. А. Кораблев, А. С. Некрасов, Д. А. Минкин, С. В. Фадеева // С.-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, С.-Петербург, Россия [Электронный ресурс] <https://naukarus.com/> (Дата обращения 05.05.2022).
7. Siegfried, H., Karol B (2017). The effect of the heat flux on the self-ignition of oriented strand board, slovak university of technology in bratislava

## Моделирование процесса эвакуации маломобильных групп населения

Шавкунов Дмитрий Анатольевич, студент  
Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

*В данной статье проведена эвакуация в корпусе муниципальной больницы. Сделан вывод о скорости и времени эвакуации маломобильных групп населения.*

**Ключевые слова:** моделирование, эвакуация, маломобильность.

Эвакуация — процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, в которых имеется возможность воздействия на людей опасных факторов пожара. Эвакуация осуществляется по путям эвакуации через эвакуационные выходы. Маломобильные группы населения — люди, испытывающие затруднения при самостоятельном передвижении, получении услуги, необходимой информации или при ориентировании в пространстве. К маломобильным группам населения отнесены: инвалиды, люди с временным нарушением здоровья, люди с нарушением интеллекта, люди старших возрастов, беременные женщины, люди с детскими колясками, с ма-

лолетними детьми, тележками, багажом и т. д. Общие характеристики МГН по группам мобильности приведены в таблице 1.

Исследование скорости эвакуации маломобильных людей является актуальной проблемой на сегодняшний день. Актуальность заключается в том, что структура населения Российской Федерации с учетом его мобильности состоит: население без явных физических ограничений (88,8 млн. чел.), люди в возрасте старше 65 лет (18,9 млн. чел.), дети и подростки до 14 лет (21,1 млн. чел.) инвалиды (13,1 млн. чел.).

Для моделирования процесса эвакуации и расчета времени была использована программа Pathfinder.

Таблица 1. Общие характеристики МГН

Группа мобильности	Общие характеристики МГН по группам мобильности
M1	Люди, не имеющие инвалидности, со сниженной мобильностью: — люди старшего возраста — дети дошкольного возраста — люди с детьми дошкольного возраста — беременные женщины — глухие и слабослышащие
M2	Инвалиды с нарушением зрения, пользующиеся белой тростью
M3	Инвалиды, использующие при движении дополнительные опоры (костыли, трости): — с одной опорой — с двумя опорами — передвигающиеся без дополнительных опор — инвалиды на протезах
M4	Инвалиды и другие МГН, не относящиеся к группе M2, передвигающиеся на креслах-колясках

Pathfinder — программа для моделирования эвакуации в чрезвычайных ситуациях с учетом возможности спасения людей, включает в себя пользовательской графический интерфейс для создания модели и модуль для просмотра анимированных трехмерных результатов. На программу Pathfinder (в составе комплекса FireCat) существует сертификат соответствия и отзывы Академии ГПС МЧС России. Это гарантирует то, что данная разработка отвечает всем требованиям пожарной безопасности.

В моем исследовании проведено два сценария:  
 1) Эвакуация людей разной мобильности из одного помещения, для сравнительного анализа времени эвакуации.  
 2) Эвакуация людей при обычном режиме работы больницы.  
 Расчет для сценариев был проведен в одноэтажном здании с разнообразной планировкой помещений.

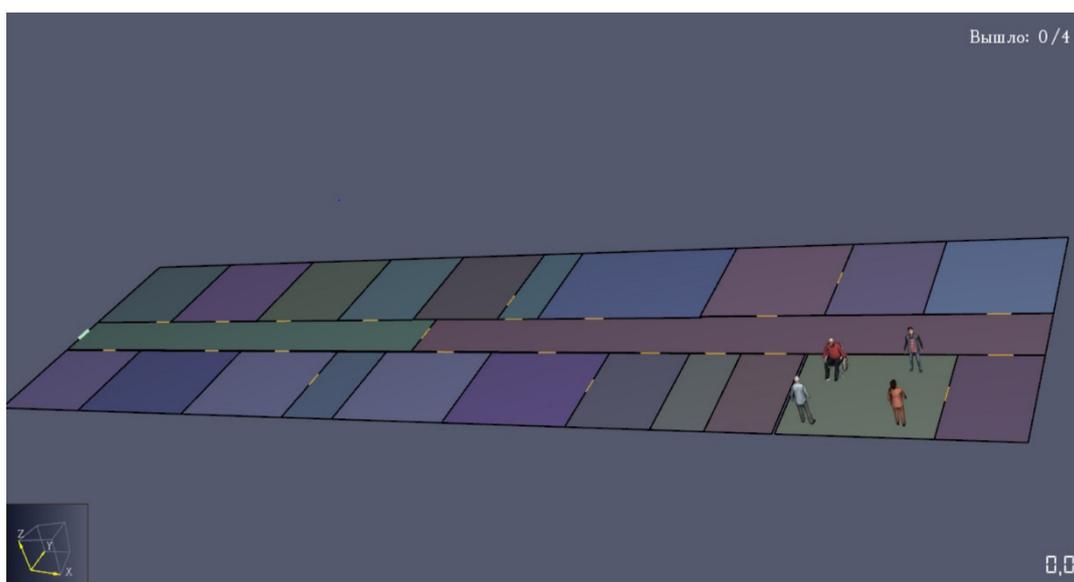


Рис. 1. Сценарий № 1

В первом сценарии задействовано 4 агента разной мобильности. Помещение взято максимально удаленное от

выхода. Люди эвакуировались за 109 секунд. Результаты времени эвакуации приведены в таблице 2.

Таблица 2. Время эвакуации МГН

Группа мобильности	Время эвакуации, сек
M1	30,8
M2	109
M3	46,3
M4	62,5

Во втором сценарии задействовано 40 агентов, из которых 10 врачей, 15 людей без нарушения мобильности, 10 престарелых людей, 5 инвалидов на коляске. Люди эвакуировались за 101,3 секунд.

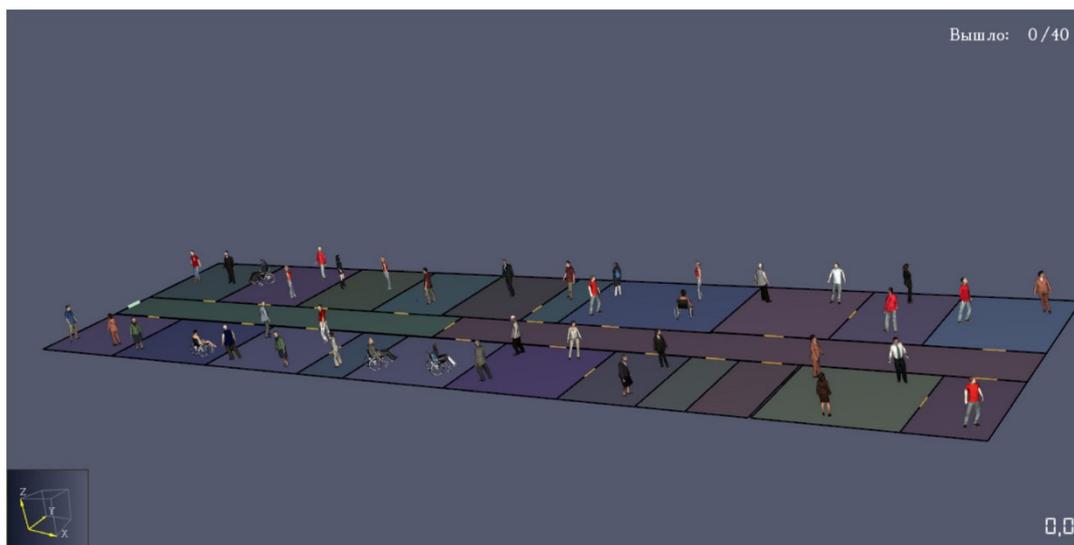


Рис. 2. Сценарий № 2

По полученным данным можно сделать вывод, что у людей, мобильность которых снижена из-за старения организма время эвакуации наибольшее. Маломобильные группы следует размещать ближе к выходу, так как будет уменьшаться, время эвакуации.

#### Литература:

1. Приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности»
2. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Методические рекомендации по использованию программы Pathfinder. — Екатеринбург, 2022;

# АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

## Концепция применения блоков из ячеистого фибробетона в конструкции несущих стен в качестве опорного ряда сборных перекрытий и стропильных кровель

Буткеев Андрей Владимирович, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*Исследование технической документации производителей газобетона автоклавного твердения и действующих на сегодняшний день сводов правил, а также практики современного строительства показывает, что вопрос распределения местных нагрузок на стены из ячеистого бетона не имеет эффективного конструктивного решения. Проблема низкого сопротивления местным нагрузкам ячеистого бетона при опирании сборных перекрытий и конструкций кровли на кладку решается путем устройства железобетонного распределительного пояса, который обладает более высокой плотностью и, следовательно, образует мостики холода, снижая теплотехнические характеристики здания.*

*Целью настоящей работы является разработка концепции применения опорного ряда блоков из ячеистого фибробетона, в качестве альтернативы железобетонным распределительным поясам при опирании перекрытий из сборных железобетонных плит и стропильных кровель в малоэтажном строительстве. Ячеистый фибробетон обладая повышенными прочностными характеристиками, достаточными для распределения местных нагрузок, имеет низкую среднюю плотность и сопоставимый с газобетонными блоками коэффициент теплопроводности, что позволяет сохранить эффективность применения ограждающих конструкций из ячеистого бетона.*

**Ключевые слова:** ячеистый фибробетон, местная нагрузка, распределительный пояс, ячеистый бетон.

Теплотехническим характеристикам современных зданий сегодня придается важное значение. Повышаются нормативные требования [1,2], появляются энергоэффективные материалы и конструктивные решения. Эти обстоятельства определяют широкое применение блоков из ячеистого бетона, которые в объеме возводимых стен обладают отличными эксплуатационными характеристиками такими как экологичность, негорючесть, низкий коэффициент теплопроводности (из-за своей низкой средней плотности) и высокий коэффициент теплотехнической однородности [3]. Например, если сравнить газобетонный блок и керамический кирпич, то теплопроводность газобетона составляет 0,12 Вт/м·°С, а кирпича — 0,65 Вт/м·°С, это наглядно показывает преимущества энергоэффективности данного материала. Стены из газобетона, за счет своей высокой пористости и низкой плотности ниже веса стен из тяжелого бетона или керамического кирпича, что в свою очередь уменьшает нагрузку на фундамент, сокращает трудозатраты и увеличивает скорость строительства. Легкая ячеистая структура бетона помимо высоких теплотехнических свойств позволяет обеспечить шумоизоляцию, а также производить любую обработку материала легко прорезая каналы, штробы и отверстия. Негативным фактором при использовании данного материала является его

низкая прочность при местном воздействии, характеризующаяся разрушением (смятием) межпоровых перегородок и разрушением структуры материала. Это может проявляться, например, при опирании межэтажных железобетонных плит перекрытия или нагруженных балок на кладку из блоков ячеистого бетона. Изучение существующей нормативной документации [4,5,6,7,8] а также практики строительства [9] дает два широко применяемых на сегодняшний день технических решения этой проблемы. Первое решение состоит в устройстве распределительного железобетонного пояса, на который в дальнейшем происходит опирание конструкции перекрытия. Второе решение — возведение монолитной железобетонной плиты, конструкция которой позволяет перераспределить нагрузки. Оба решения имеют свои минусы, главные из которых: для *распределительного пояса* — образование мостиков холода из-за включения в объем конструкции стены материалов высокой плотности; для *монолитной железобетонной плиты* — увеличение стоимости обусловленная материалоемкостью, трудозатратностью и снижением темпов строительства. Исходя из вышеприведенного, возможно сделать вывод: на сегодняшний день в строительной практике и нормативной документации не существует экономичного и эффективного решения повышения прочности кладки из ячеистого газобетона

при действии местной нагрузки (местное смятие, сжатие). На наш взгляд, оптимальным решением этой проблемы может являться увеличение прочностных характеристик опорного ряда (рядов) блоков газобетона при сохранении его теплотехнических свойств.

Для решения проблемы повышения прочности, обратимся к научной практике. Одним из важных направлений научной и практической деятельности в сфере композитных материалов является разработка, изготовление и применение бетонов дисперсно-армированных фиброй. Армирование ячеистого бетона волокнистым компонентом который обладает более высокой прочностью и сопоставимым модулем упругости позволяет повысить его прочность, как при сжатии, так и при растяжении. Бетон пористой структуры, содержащий рассредоточенные, хаотично ориентированные волокна называют ячеистым фибробетоном (фибропенобетон, фиброгазобетон) [13].

Повышению прочности конструкционных материалов путем предотвращения развития трещин посвящено множество работ [10,11,12,16,17]. В работах Пухаренко Ю. В., Чернышева Е. М., установлено, что введение асбестовой, стеклянной или полимерной фибры, хаотично расположенной в объеме матрицы газобетона, образуется композиционный материал, способный к сопротивлению деформациям которого существенно выше, чем у материала неармированного дисперсным волокном. Образованный композит обладает внутренней структурной матрицы способной затормозить или полностью остановить трещинообразование за счет препятствий из волокнистых включений. На примере армирования матрицы композита целлюлозными волокнами [14] можно установить зависимость эффективности (прочности) от степени насыщения волокнами и прочности сцепления волокон с матрицей бетона (см. Рис. 1).

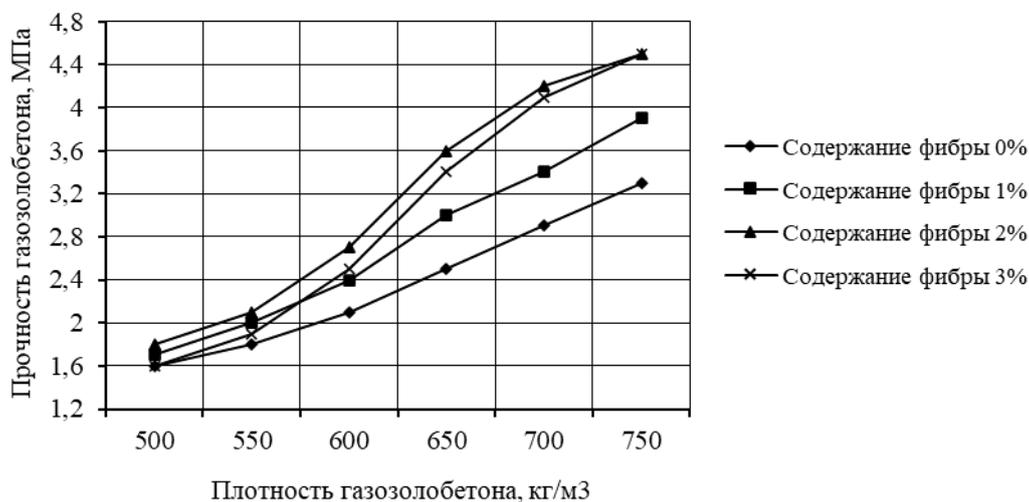


Рис. 1. Влияние степени насыщения фиброй на прочность при сжатии

Как видно из диаграммы, прочность газобетона возрастает с объемным содержанием фибры и увеличением средней плотности материала. Предпочтение использования целлюлозных волокон связано с их способностью сохранять физико-химические свойства при формовании блоков и автоклавной обработке. Однако существуют перспективные разработки армирования бетонной матрицы тонкими базальтовыми волокнами, например в работе Бучкина А.В [15], так же изучаются вопросы полиармирования [18], данные работы находятся на острие современной науки и помимо получения высоких прочностных характеристик приобретаемых ячеистым фибробетоном, положительным образом влияют на процессы усадки материала. Эффект от дисперсного армирования можно также проиллюстрировать на графике, который отражает влияние дисперсного армирования ячеистого бетона на работу при разрушении (Рисунок 2). Работа разрушения численно равна половине произведения усилия разру-

шения на величину предельной деформации, т. е. заштрихованному участку на диаграмме зависимости напряжений и деформаций при сжатии в ячеистом бетоне [17]. В целом работы направления дисперсного армирования ячеистых бетонов по различным оценкам позволяют повысить прочность материала на растяжение при изгибе в 1,2–2,11 раза, прочность при сжатии (в зависимости от типа волокна) 1,4–1,5 раза. При этом показатели прочности зависят от вида фибрового волокна, конкретного состава ячеисто-бетонной смеси (матрицы) и средней плотности ячеистого фибробетона.

Рассмотрим существующую нормативно-техническую документацию для ячеистых фибробетонов.

Единственным общедоступным документом, принятым на сегодняшний день регламентирующим применение изготовления и характеристики ячеистых фибробетонов, является методическое пособие, выпущенное Федеральным центром нормирования, стандартизации и оценки соот-

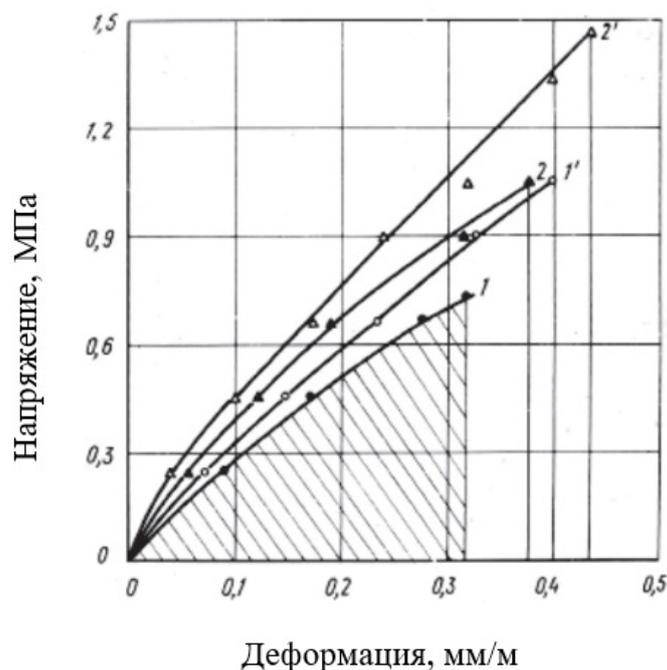


Рис. 2. График зависимости напряжений и деформаций при сжатии образцов ячеистого бетона с добавкой и без добавки асбестового волокна: 1, 1` — ячеистый бетон без добавки асбестового волокна плотностью 520 и 650 кг/м³; 2, 2` — ячеистый бетон с добавкой асбестового волокна плотностью 550 и 670 кг/м³

ветствия в строительстве [13]. Методические рекомендации разработаны в развитие СП 339.1325800.2017 [19] и СП 297.1325800.2017 [20] Документ описывает требования к материалам, проектирование и подбор составов, технологию формования и условия тепловой обработки формованных изделий. В разделе «Особенности проектирования и применения конструкций» описаны основные рекомендуемые изделия. Среди них: стеновые блоки, крупноразмерные индустриальные конструкции, крупные стеновые блоки, стеновые армированные панели, армированные плиты покрытий и перекрытий. Приведены рекомендации по изготовлению конструкций из сборно-моноклитных перекрытий с использованием блоков. В разделе есть указание о том, что применение и проектирование

конструкций следует производить с учетом требований, в том числе и СП 15.13330.2020 [8], где указания о повышении несущей способности участка кладки содержат конструктивные мероприятия по устройству распределительных поясов. Однако ни в одном [13] ни в другом документе [8] нет рекомендаций применения блоков из ячеистого фибробетона в качестве опорного ряда кладки стен для опирания перекрытий и стропильной кровли. Данный способ технического решения представляет научную новизну и является экономичным и эффективным решением повышения прочности кладки из ячеистого газобетона при действии местной нагрузки.

Для примера проанализируем оба технических решения в Таблице 1.

Таблица 1. Анализ технических решений проблемы низкого сопротивления местным нагрузкам ячеистого бетона

	Распределительный пояс из железобетона	Опорный ряд кладки из ячеистого фибробетона
Назначение	Сопротивление сжатию (смятию), перераспределение местной нагрузки	Сопротивление сжатию (смятию), перераспределение местной нагрузки
Материалоемкость	Необходимы дополнительные материалы (арматура, тяжелый бетон, специальные блоки); увеличивается нагрузка на стены и фундамент	Не влияет, т. к. является рядом кладки в объеме стены
Трудозатратность	Необходимо проведение работ по устройству арматурного каркаса, бетонированию, подъему материалов.	Не влияет, т. к. является рядом кладки в объеме стены.

Сроки строительства	Необходимо время для проведения работ по устройству распределительного пояса, а также время и создания условий для набора прочности бетона	Не влияет, т. к. является рядом кладки в объеме стены.
Стоимость строительства	Увеличение материалоемкости, трудозатрат и сроков строительства влечет за собой увеличение общей стоимости строительства.	Блоки из фибробетона дороже обычных, но в объеме кладки стен удорожание будет незначительно.
Эксплуатационные характеристики	Возведение конструкции из тяжелого бетона существенно повышает плотность участка стены и увеличивает коэффициент теплопроводности	Имеет низкий коэффициент теплопроводности, стена имеет высокий коэффициент теплотехнической однородности.

Предложение техническое решение, при обеспечении конструктивного назначения, несет в себе ряд преимуществ и превосходит по эффективности (по всем основным факторам) традиционно применяемое решение (армопояс). Применение блоков из ячеистого фибробетона в качестве опорного ряда для повышения несущей

способности (сопротивление местному смятию, сжатию) опорного участка стены из газобетона может быть использовано в качестве эффективного конструктивного решения при соответствующем обосновании в каждом расчетном случае.

#### Литература:

- СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23–02–2003
- СП 23–101–2004 Проектирование тепловой защиты зданий
- Литвиненко, Д. В. Наружные ненесущие стены из ячеистого бетона плотностью D400–D600 в виде блоков для многоэтажных монолитных зданий: дис. ... канд. техн. наук. М. 2005. 178 с.
- СТО НААГ 3.1–2013 «Конструкции с применением автоклавного газобетона в строительстве зданий и сооружений. Правила проектирования и строительства»
- Энциклопедия строительства «Das Baubuch 2017–2018. — Текст: электронный // Официальный сайт YTONG: [сайт]. — URL: <https://www.ytong.ru/docs/baubuch-ytong.pdf> (дата обращения: 02.05.2022).
- «Руководство пользователя Издание четвертое, переработанное и дополненное». — Текст: электронный // ЛСР. Стеновые: [сайт]. — URL: <http://lsrstena.ru/upload/files/polygraphy/rukovodstvo-polzovatelya-2022.pdf> (дата обращения: 02.05.2022).
- СТО НОСТРОЙ 2.9.136–2013 «Строительные конструкции зданий и сооружений. Устройство конструкций с применением изделий и армированных элементов из ячеистых бетонов автоклавного твердения. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ, рекомендации по применению»
- СП 15.13330.2020 «СНиП П2281\* Каменные и армокаменные конструкции»
- Монолитное перекрытие. — Текст: электронный // СтройПартнер: [сайт]. — URL: <https://st-par.ru/info/perekrytiya/monolitnoe-perekrytie/> (дата обращения: 05.05.2022).
- Пухаренко, Ю. В. Фиброармированные бетоны: свойства и применение в строительстве: Учебное пособие. — СПб, 2016.
- Воробьев, К. С., Бортников В. Г., Данилова С. Г. Дисперсно-армированный ячеистый бетон / В сб. «Дисперсно-армированные бетоны и конструкции из них». ЛатНИТИ, Рига, 1975.
- Бучкин, А. В. Мелкозернистый бетон высокой коррозионной стойкости, армированный тонким базальтовым волокном, Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. 05.23.05 «Строительные материалы и изделия». Москва, 2011.
- «Рекомендации по применению и изготовлению ячеистого фибробетона» Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве» 2018 г.
- Тугарина, А. О. Фиброгазозобетон с использованием продуктов растительных полимеров: специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тугарина Анна Олеговна; ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет». — Санкт — Петербург, 2009. — 17 с. — Текст: непосредственный.
- Бучкин, А. В. Мелкозернистый бетон высокой коррозионной стойкости армированный тонким базальтовым волокном: специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бучкин Андрей Викторович; «Научно-исследовательский центр «Строительство» (ОАО «НИЦ «Строительство»). — Москва, 2011. — 20 с. — Текст: непосредственный.

16. Рабинович, Ф. Н. Дисперсно армированные бетоны / Ф. Н. Рабинович. — 1989: Стройиздат, 1989. — 176 с. — Текст: непосредственный.
17. Дисперсное армирование ячеистого бетона как фактор улучшения его физико-механических свойств / В. Н. Стоцкий, А. М. Крохин, В. И. Савин, С. Г. Зимин. — Текст: непосредственный // Вестник НИЦ «Строительство». — 2020. — № 1(24). — с. 132–147.
18. Суворов, И. О. Дисперсное полиармирование как способ снижения усадки фибропенобетона: специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Суворов Иван Олегович; ФГОУ ВПО «Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет». — Санкт-Петербург, 1915. — 137 с. — Текст: непосредственный.
19. СП 339.1325800.2017 «Конструкции из ячеистых бетонов. Правила проектирования»
20. СП 297.1325800.2017 «Конструкции фибробетонные с неметаллической фиброй. Правила проектирования»

## Изучение изменения планировочных решений, применяемых при формировании городской жилой застройки в России со второй половины XIX века по настоящее время

Войнова Кира Андреевна, студент магистратуры  
Московский государственный университет геодезии и картографии

*В статье рассмотрены планировочные и функциональные решения городской жилой застройки со второй половины XIX века по настоящее время. Последовательно изучена история изменений проектных решений и выявлены различные подходы к проектированию. Полученные сведения позволяют частично проследить эволюцию развития планировочных решений жилых территорий в крупных городах и являются предпосылкой для разработки новых проектных решений.*

**Ключевые слова:** жилой квартал, жилая застройка, жилой комплекс, многоквартирное жилье, планировочные решения.

Во второй половине XIX века в России произошел массовый переход от ручного труда к машинному, от мануфактурного к фабричному производству. В итоге начался активный приток рабочего класса из деревень в крупные города. Значительное увеличение рабочего населения привело к нехватке жилья. Начали разрабатываться различные методы проектирования жилых территорий, которые отвечают на следующие требования: комфортное планировочное решение, наличие и необходимое количество инфраструктуры и социальных учреждений, создание мест для тихого и активного отдыха, организация рекреации и экономически — выгодное строительство. До сих пор было разработано и реализовано разные методы проектирования жилья и жилой территории.

В статье рассматривается проектирование массового жилья в России в период с конца XIX века по сегодняшний день, на предмет методов проектирования с целью выявить причины и предпосылки для новых проектных решений и сделать вывод о применяемых по сегодняшний день проектных решений. Исследование было разделено на 4 временные рамки: вторая половина XIX века, новый метод промышленности; первая половина XX века, новый политический строй; вторая половина XX века, послевоенный период; XXI век, настоящее время. Были изучены подходы к проектированию территории и зданий жилого

назначения в разное время в зависимости от политической, экономической и демографической ситуации в городах.

### Вторая половина XIX века, революция в промышленности

Развитие промышленности во второй половине XIX века требовало большого количества рабочих рук, что вызвало острую нехватку жилья. В то время в городах строились многоквартирные доходные дома — жилое здание из нескольких этажей, секционной планировки, на каждом этаже расположены по 2–4 квартиры, в квартирах есть несколько комнат, ванная, санузел и кухня, на первых этажах возможно расположение магазинов и услуг. Доходные дома строились на арендованных или купленных землях, основные задачи территории застройки была прибыль за счет аренды помещений. Стоимость жилья в доходных домах было недоступно для рабочего класса, аренду могли позволить обеспеченные граждане или специалисты, проживание которым оплачивалось за счет капитала производства. Рабочий класс тогда арендовал комнаты или койко-место, не редко встречалось обустройство жилья в подвале зданиях. Такое соседство привело к ухудшению эпидемиологической обстановки и развитию преступности.

К концу XIX века, владельцы фабрик начали решать жилищный вопрос для своего рабочего класса. На терри-

тории производства строились поселения с жильем казарменного типа — деревянные или кирпичные 1–4-этажные бараки с большими помещениями, оборудованным в 1–2 яруса нарами, или отдельные комнаты (каморки) для семейных, с кухней-столовой и санузлом. Небольшие про-

изводства строили одноэтажные деревянные бараки, так же, с большими помещениями оборудованные в 1–2 яруса нарами, с кухней-столовой и санузлом. На территории могло быть минимальное благоустройство или его вовсе не было. (Рис. 1)

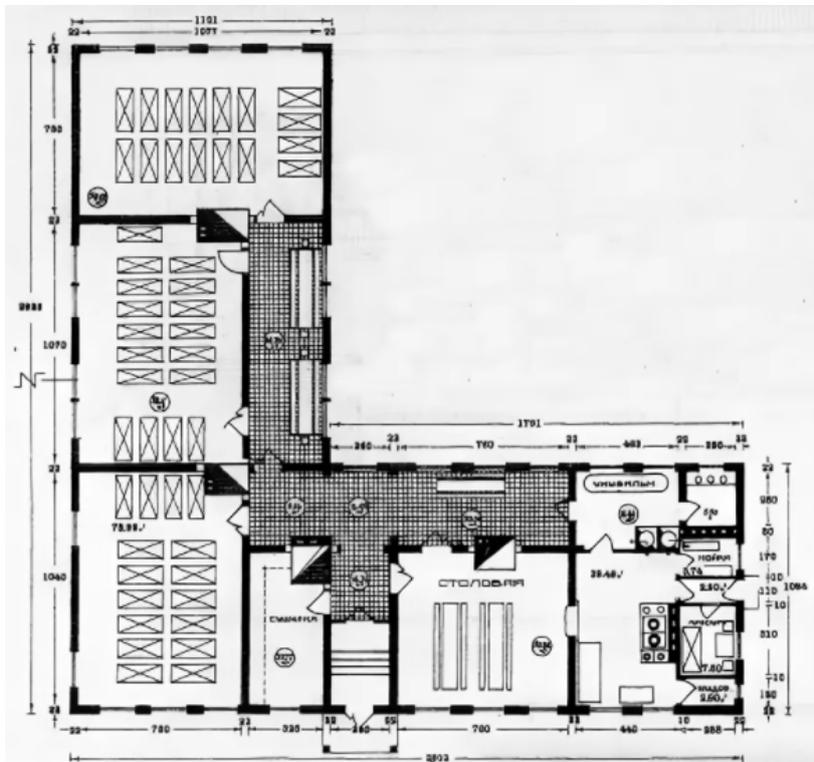


Рис. 1. Типичный проект деревянного барака на 50 человек. План. [2, с. 77]

В крупных городах для крупных производств строились поселения. На территории поселения было не-

сколько жилых домов и благоустройство, из инфраструктуры могли быть магазины, школы и детские сады. (Рис. 2)

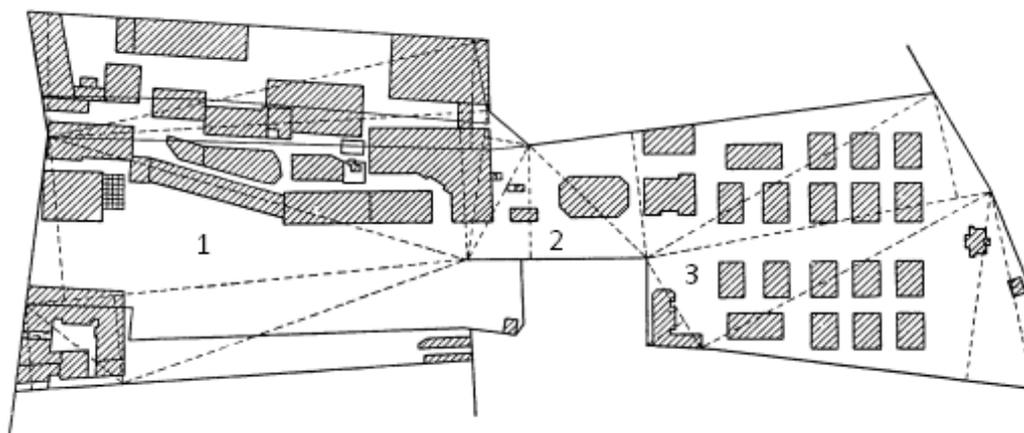


Рис. 2. Петербург. Поселение для рабочих при заводе «Сан-Галли», 1879 г. Д. Д. Зайцев. Генеральный план. [1, с. 71]: 1 —Территория завода 2 — Территория школы со стадионом. 3 — Жилая территория

**Первая половина XX века, новый политический строй**

В октябре 1917 года произошла революция, был установлен новый политический строй — социализм.

20 августа 1918 г. Президиум ВЦИК издал декрет «Об отмене частной собственности на недвижимость в городах». [2] В распоряжение местных Советов перешли все жилые строения. Началось массовое переселение рабочих в конфискованные у буржуазии доходные дома. Бывшие доходные дома рассматривались как рабочие жилища нового типа. Получив тогда еще в бесплатное пользование жилые помещения, жильцы самостоятельно организовывали органы самоуправления и домовые коммунальные учреждения, например, общие кухни-столовые, детские сады, ясли, красные уголки, библиотеки-читальни, пра-

чечные и т. д. Эта форма коллективного содержания стали называть дом-коммуна.

Тогда стал решаться вопрос проектирования таких домов-коммун, соответствующих функциональным потребностям населения, какого-либо определённого типа объёмно-планировочного решения не было. Разрабатывались три метода проектирования: 1) рабочий поселок-коммуна, состоящий из отдельных жилых домов и отдельно общественных зданий, 2) комплексные жилые дома с общественным сектором на первых этажах, 3) переходный тип дома, который бы способствовал постепенному внедрению новых бытовых помещений.

В основном строились жилые кварталы с домами коридорного типа, на территории которых были общественные здания. (Рис. 3) (Рис. 4)

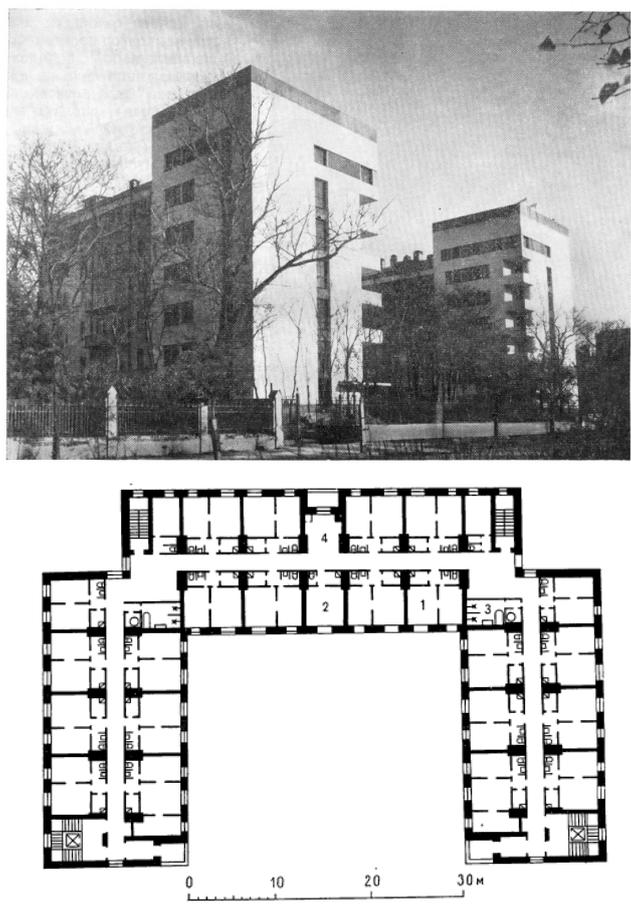


Рис. 3. Москва. Жилой дом кооператива «Дукстрой». 1927–1928 гг. Архитектор А. Фуфаев. Общий вид, план типового этажа. [2, с. 80]: 1 — Двухкомнатные квартиры; 2 — Однокомнатные квартиры; 3 — Банные и душевые; 4 — Холл

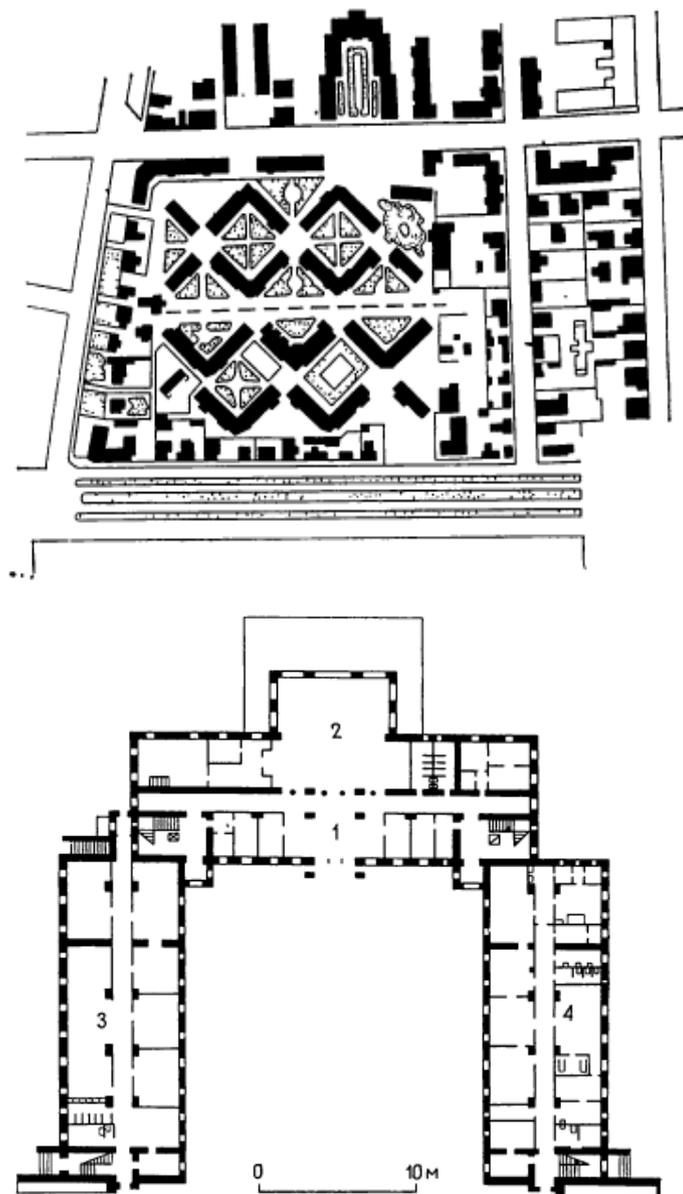


Рис. 4. Москва. Хавско-Шаболовский проезд. Общественное здание при домах-коммунах. 1926–1928 гг. Архитекторы: Г. Вьфензон, С; Айзикович, Е. Волков. Общий вид. Проект планировки. Фрагмент плана этажа с общественным сектором. [2, с. 55]: 1 — вестибюль; 2 — столовая; 3 — детский сад; 4 — ясли

В середине 20-х гг. пришли к выводу, что малоэтажные здания и дома-коммуны не могут рассматриваться как основные типы массового жилищного строительства. Началось строительство жилых домов секционной планировки, Квартиры стали более благоустроенными, их преимущество от планировки доходных домов было в том, что предусматривалось сквозное проветривание и отсутствие проходных комнат.

Переход к застройке городских жилых комплексов секционными домами потребовал от архитекторов разработки новых типов секций, позволяющих проектировать жилые комплексы с относительно плотной застройкой и в то же время создавать разнообразные по объемно-пространственной композиции кварталы с обилием воздуха и зелени. (Рис. 5) (Рис. 6)

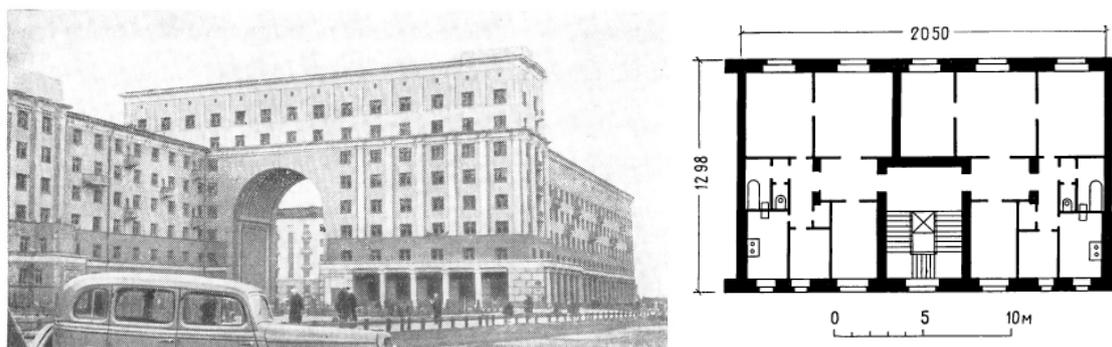


Рис. 5. Г. Горький. Автозаводский район. Квартал № 4. Архит. И. Голосов, 1936 г. Общий вид. План секции. [2, с. 205]

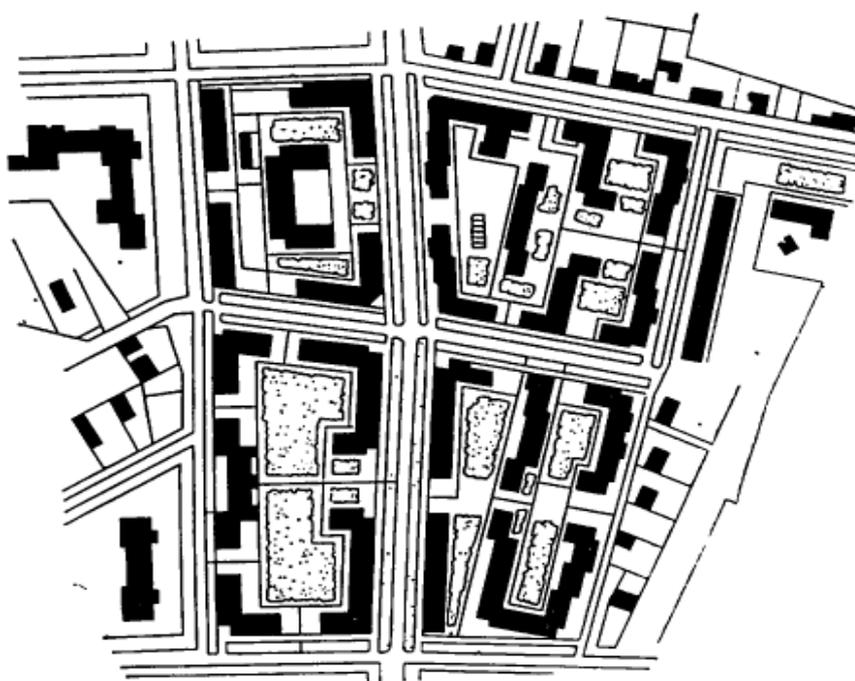


Рис. 6. Москва. Жилой квартал на Дубровской улице. 1926–1927 гг. Архитекторы М. Мотылев, Н. Молоков. Генплан. [2, с. 150]

В жилых кварталах, были детские сады (иногда их располагали в первых этажах жилого дома), отдельное здание школы с территорией, магазины и бытовое обслуживание. Создаются дворы и скверы для тихого отдыха, площадки для спорта, и появляются нормативы по озеленению придомовых территорий.

В 30-х годах XX века идет активная разработка типовых домов для ускорения строительства, начинается строительство из крупнопанельных и крупноблочных конструкций, которые производятся на заводах стандартных размеров. Требованию к благоустройству территории остаются прежними.

Так в Советском Союзе произошел переход, от обособленной от района квартальной застройки, со своим об-

щественным сектором и внутренним дворовым пространством, к массовому строительству типовых домов более большей по площади территории и открытыми, сквозными придомовыми территориями.

Вторая половина XX века, послевоенное время

В послевоенный период идет разработка по типизации жилья, развиваются строительные технологии, идет массовое жилищное строительство зданий со средней и повышенной этажностью. Жилая территория застраивается домами определенной серии и этажности, формируя микрорайонную застройку. (Рис. 7)

Территория, отведенная под микрорайон, диктовала количество домов, их этажность и серию. Это зависело от площади территории и ее расположения в черте города,

ориентации к улично-дорожной сети, сторонам света и розы ветров. Планировка территории в те времена была строго геометричной, линейной, градостроители словно создавали линейный узор, такая планировка позволяла компактно расположить большое количество зданий

с учетом всех гигиенических требований. В микрорайонную застройку входили жилые дома, парки и скверы, гаражные кооперативы, детские сады, школы, торговля и бытовые услуги и другие социальные учреждения для обслуживания всего района.

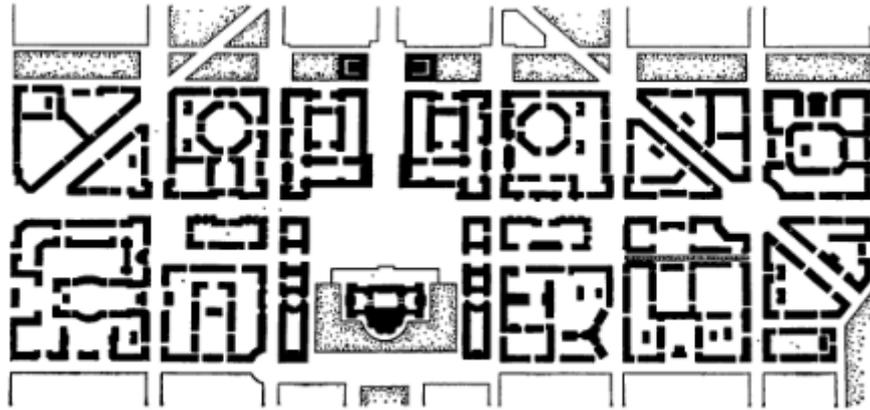


Рис. 7. Ленинград. Московский проспект. Генплан. Общий вид. [2, с. 288]

В 1960-х годах разрабатывается новая идея планировки жилых зданий и инфраструктуры — многофункциональный жилой комплекс. Это единое здание, которое состоит из нескольких жилых домов и соединяется за счет первых этажей, которые несут в себе обслуживающую функцию. Там располагались магазины, бытовые услуги, развлечения, так же социальные учреждения, такие как

детские сады, поликлиники и пр. Идея заключалась, не только в бытовом обслуживании, но и в торговых и развлекательных услугах не посредственно в жилом доме. Многофункциональные жилые комплексы располагались вдоль проспектов или бульваров, так основание жилого дома работало не только для жильцов, но еще и для всего района. (Рис. 8)

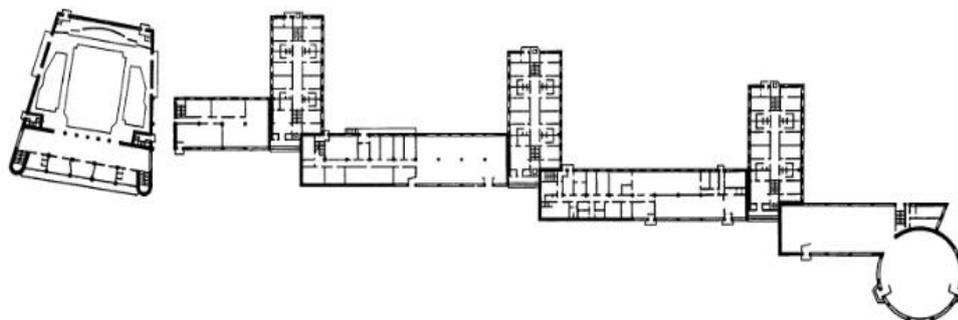


Рис. 8. Минск. Жилой комплекс на бульваре Толбухина. Архитектор Ю. Шпит. 1965 г. Общий вид. План по первому этажу. [2, с. 577]

На сегодня идея жилых комплексов нашла свое место, но немного изменила свою функциональную задачу. В зависимости от расположения в городе она играет определенную роль. Так, например, если многофункциональный комплекс располагается в центре города, то его роль заключается скорее в общественно-деловой сфере, с включением в себя жилых помещений (апартаменты или гостиницы). Если жилой комплекс строится в периферийном районе или в городах — спутниках, то это, прежде всего, жилой дом с общественным сектором, однако есть требование о разделении входа в жилые дома и в общественный сектор. Обязательно на прилегающих к территории жилых комплексов должна быть школа и детские сады с необходимым количеством мест.

#### **XXI век, настоящее время**

Сегодня архитекторы все больше применяют квартальный тип. Внимание уделяется формированию небольшой территории жилыми домами и необходимыми

социальными сооружениями, отдельным дворовым пространством, которая имеет необходимое сквозное проветривание, собственной парковочной территорией и расположением на первых этажах магазинов и бытовых услуг с внешнего периметра квартала. Жилые кварталы формируют жилой район, который может включать в себя парки, торгово-развлекательные центры, спортивные сооружения, многофункциональные комплексы и прочее.

Примером современного жилого района, сформированного небольшими жилыми кварталами, является микрорайон Ходыньское поле в Москве. Вдоль Улицы Авиаконструктора Микояна располагается торгово-развлекательный комплекс, по двум сторонам от него жилые дома с обособленной придомовой территорией и подземным паркингом, за ним парковая зона с бизнес-центром и церковью. По улице Авиаконструктора Сухова многофункциональный и спортивный комплексы, по Гризодубовой улице — жилые кварталы. (Рисунок 9)



Рис. 9. Москва, Хорошевский район, микрорайон Ходыньское поле

#### Вывод проведенного исследования.

В данном исследовании рассмотрено развитие «домов-коммун» начала 20-го века и трансформация этой градостроительной модели в современные жилые кварталы.

Комплекс жилых домов с необходимой инфраструктурой — продовольственные магазины, бытовые услуги, детские сады и т. д., также внутреннее дворовое пространство с озеленением. Разработаны строительные правила и санитарные нормы, обеспечивающие комфортные условия проживания. Такой вид объемно — планировоч-

ного решения позволяет людям комфортно чувствовать себя не только в своем жилом помещении, но и на придомовой территории.

Жилые кварталы формируются вблизи рекреационных и общественных территорий: парки, скверы, торгово-развлекательные, многофункциональные и спортивные комплексы и прочее, образуют отдельную районную территорию. Такой метод планировки позволяет избежать образования «спальных районов», предлагает людям разный досуг вблизи от дома и удобное расположение рабочих мест.

#### Литература:

1. Баранов, Н. В., Всеобщая история архитектуры в 12 томах. Архитектура XIX — начала XX в. — Н. В. Баранов, А. В. Бунин, В. В. Большаков, В. Е. Быков, Н. П. Былинкин — М.: Издательство литературы по строительству, 1972 г.
2. Баранов, Н. В., Всеобщая история архитектуры в 12 томах. Архитектура СССР — Н. В. Баранов, А. В. Бунин, Н. П. Былинкин, Б. В. Веймарн, А. В. Иконников — М.: Издательство литературы по строительству, 1975 г.
3. Бондаренко, И. А. Архитектура в истории русской культуры — М.: Издательство КомКнига, 2007 г.
4. Бабуров, В. В., Планировка и застройка городов — В. В. Бабуров, П. И. Гольденберг, Л. С. Залеская, В. А. Лавров — М.: Издательство Литературы по строительству и архитектуре, 1956 г.

## Анализ работы и расчет сталежелезобетонного перекрытия

Иванова Екатерина Юрьевна, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*В данной статье приведены общие сведения о сталежелезобетонных конструкциях, об особенностях их работы, проектирования, достоинствах и недостатках. В качестве исследуемого здания для проведения моделирования и расчетов элементов выбрано стандартное промышленное здание административно-бытового комплекса. На его примере произведен расчет конструкций в соответствии с действующими нормами и правилами с обеспечением их надежности и долговечности. Результатом проведенного исследования является заключение о рациональности использования, сложности моделирования и выполнения расчета сталежелезобетонных конструкций.*

**Ключевые слова:** сталежелезобетонные конструкции, профилированный настил, разрезная балка, расчет, исследование, промышленное строительство.

Современные строительные предприятия находятся в условиях серьезной конкуренции. Поэтому основной задачей каждой фирмы является обеспечение быстрого и качественного строительства с минимизацией материальных затрат и повышением эффективности использования трудовых ресурсов. Как следствие, результатом процесса проектирования должно являться лаконичное и надежное конструктивное решение. Так, одним из видов конструкций, незаслуженно не получивших массового распространения в промышленном строительстве на территории России, являются сталежелезобетонные конструкции [1].

Применение сталежелезобетонных конструкций является одним из наиболее рациональных методов строительства в условиях Крайнего Севера, поскольку система состоит одновременно из железобетонных и стальных элементов. Бетон обеспечивает высокую прочность элементов конструкции при сжатии, сталь — при растяжении. Более того, бетон удерживает тонкие стальные профили от местного и бокового кручения. Бетон также обеспечивает защиту от коррозии и теплоизоляцию стали при повышенных температурах.

На сегодняшний день известны ряд таких решений — монолитное перекрытие по профлисту, использование стальных балок типа DeltaBeam [2], сборные и сборно-монолитные плиты по стальным балкам и ряд других решений.

Сталежелезобетонные сечения могут быть использованы во всех основных несущих элементах сооружения: комбинированными балками, трубобетонными колоннами и плитами перекрытий по профилированному настилу [3]. Стоит отметить, что сталежелезобетонные плиты перекрытий рациональны для применения в промышленном строительстве в силу достижения увеличения легкости и прочности. Использование профилированного настила позволяет снизить затраты как на материалы (арматуру и бетон), так и на строительные-монтажные работы [4, 5].

На данный момент сталежелезобетонные конструкции четко не классифицированы, но их можно разделить на три основных вида [6]:

1. Обетонированные стальные конструкции (железобетонные конструкции с жесткой арматурой в виде стальных профилей);
2. Смешанные стальные и железобетонные конструкции (стальные и железобетонные элементы соединены друг с другом в определенных точках);
3. Объединенные конструкции (с обеспечением совместной работы стали и железобетона).

Основным недостатком сечений п. 2 и п. 3 является большая высота сечения, которая уменьшает полезную высоту каждого этажа. Актуальным решением, позволяющим снизить материалоемкость является использование перекрытий минимальной толщины.

Для проведения численного эксперимента за основу выбрано классическое промышленное здание — административно-бытовой комплекс. Сооружение имеет габариты в плане 42.0 x 12 м. Здание двухпролетное, длина пролета — 6 м. Этажность здания — 4 этажа, общая высота — 16 м.

Устойчивость здания в продольном направлении обеспечивается связями и жестким сопряжением колонн с фундаментом, в поперечном направлении — жестким сопряжением колонн с фундаментом. Колонны квадратного трубобетонного сечения 250x250 мм.

В данной статье подробнее рассмотрим проектирование перекрытий.

Так, сталежелезобетонная плита является разрезной и имеет расчетную схему однопролетной балки на шарнирных опорах (пролет принят 2 м). Расчет ведется на 1 погонный метр.

Разработанная конструкция плиты перекрытия состоит из сталежелезобетонной плиты по профилированному настилу, опирающейся на стальные балки. Сечение стальных балок является сварным. Оно адаптировано для простоты изготовления, удобства монтажа и конструктивной рациональности опирания плиты (см. рис. 1–3).

Расчет сталежелезобетонных плит с профилированным настилом производится на двух стадиях: на стадии бетонирования и на стадии эксплуатации [7].

Расчет на стадии бетонирования производится с учетом того, что профилированный настил является не-

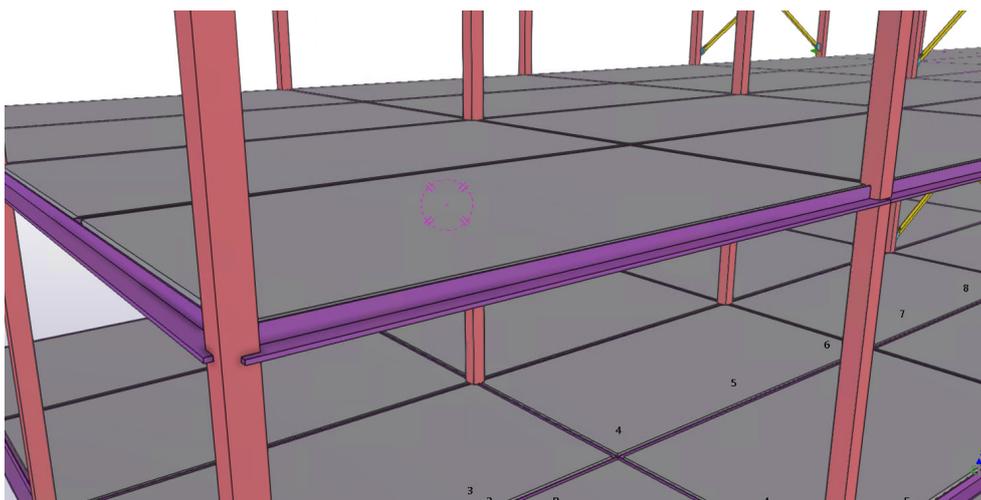


Рис. 1. Внешний вид сталежелезобетонного перекрытия, опертого на балки

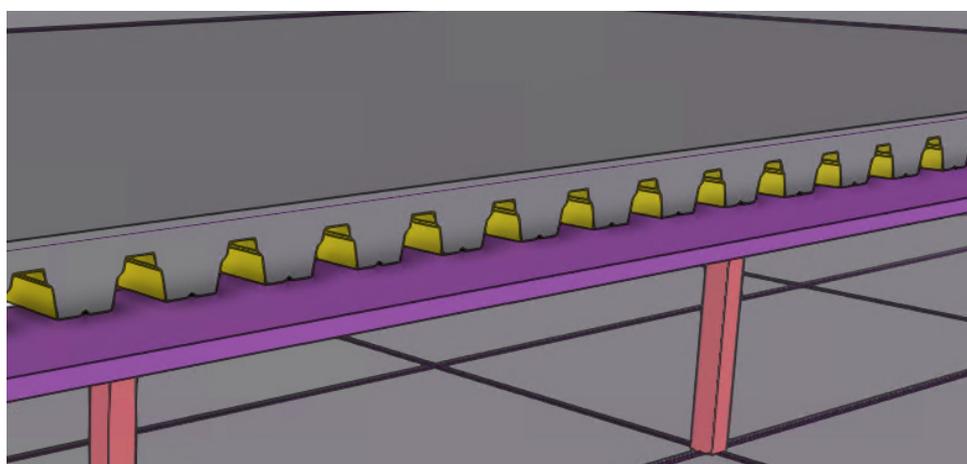


Рис. 2. Сечение сталежелезобетонного перекрытия (стержневая арматура условно не показана)

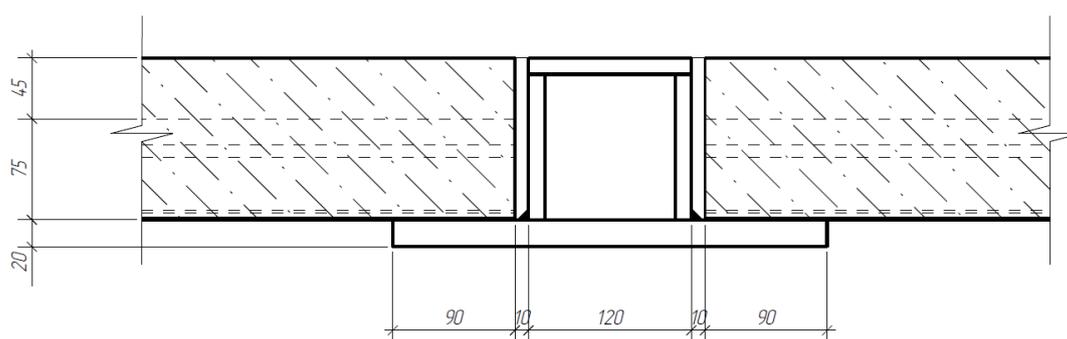


Рис. 3. Схема опирания сталежелезобетонного перекрытия на стальную балку

сущей конструкцией и должен быть рассчитан на прочность и жесткость с учетом монтажных нагрузок. К монтажным нагрузкам относятся:

- Нагрузка от собственного веса настила;
- Нагрузка от веса свежесуспенной бетонной смеси.

Сталежелезобетонная плита на стадии эксплуатации рассчитывается как железобетонная конструкция с внешней рабочей арматурой из стального профилиро-

ванного настила и с гибкой стержневой арматурой [7]. Расчет производится по двум группам предельных состояний: для первой группы — по трем критериям прочности (по нормальным сечениям, по наклонным сечениям и по условию обеспечения сцепления настила с бетоном), для второй группы — по прогибам и по трещиностойкости.

Расчетная схема плиты представляет собой разрезную конструкцию на шарнирных опорах.

Расчет сталежелезобетонной плиты на стадии бетонирования выполнен в соответствии с СП 266.1325800.2016 [7], СП 63.13330.2018 [8], СП 16.13330.2017 [9], СТО 57398459–035–2014 [10], СТО 0047–2005 [11].

В качестве профилированного настила принят настил марки Н75–750–0,7 по [12]. Высота полки плиты

составляет 45 мм. Расчет плиты ведется на 1 п.м. Нагрузки и коэффициенты надежности по нагрузкам приняты в соответствии с СП 20.13330.2016 [13] и приложены к профнастилу (см. рис. 4) согласно расчетной схеме на рис. 5. Таблицы сбора нагрузок условно не приведены.

консольная часть слева l= 0,00 м	добавить пролет пролетная часть Пролет 1 l= 2,00 м	удалить пролет консольная часть справа l= 0,00 м			
общая длина неразрезного настила L = 2 м					
добавить нагрузку Нагрузка распределенная на участке удалить нагрузку					
	q(лев.) т/м <sup>2</sup>	коорд. x(лев.) м	q(прав.) т/м <sup>2</sup>	коорд. x(прав.) м	коэфф. надежн. g <sub>f</sub>
Распределенная нагрузка q1=	0,0112	0,00	0,0112	2,00	1,155
Распределенная нагрузка q2=	0,22	0,00	0,22	2,00	1,43
Распределенная нагрузка q3=	0,1	0,00	0,1	2,00	1,43

Рис. 4. Вводимые данные для расчета

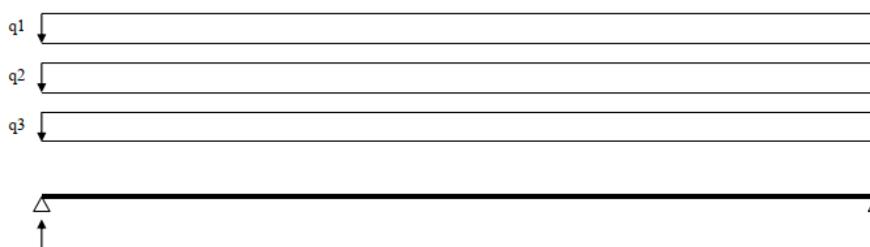


Рис. 5. Расчетная схема профилированного настила

Профилированный настил располагается широкими полками вниз. Так, узкие полки, расположенные сверху, сжаты.

Следовательно, геометрические и физические характеристики профнастила выбраны для марки Н75–750–0.7 из стали С255 согласно табл. В.2 [12], табл. В.3 [9] и табл. 2 [9].

На рисунке 6 представлены эпюры изгибающих моментов и поперечных сил в профнастиле на стадии бетонирования. Также выполнен расчет по второй группе предельных состояний: определены прогибы при монтаже сталежелезобетонного перекрытия. Результаты проверки сечения профлиста представлены на рисунке 7.

Профилированный настил Н75–750–0.7 удовлетворяет условиям прочности и деформативности на стадии монтажа.

В таблице 1 приведены исходные данные, физические и геометрические характеристики, для расчета сталежелезобетонного перекрытия.

Максимальный изгибающий момент определен как сумма моментов от каждого заграждения: собственного веса профнастила, собственного веса плиты, собствен-

ного веса покрытия, технологической нагрузки и снеговой нагрузки. Значение максимального изгибающего момента — 0,685 тм, поперечной силы — 1,371 т. Расчет плиты на стадии эксплуатации представлен в таблице 2.

Коэффициенты использования рассчитываемого сечения свидетельствуют о том, что плита не догружена, следовательно, обладает большим запасом прочности. Также при сохранении величин нагрузок имеет смысл уменьшить сечение плиты путем применения профилированного настила меньшей высоты, что уменьшает металлоемкость конструкции и снижает расход бетона.

В программном комплексе SCAD++ выполнен расчет конструкции балок, на которые опираются перекрытия по профилированному настилу (см. рис. 3). Расчетная модель состоит из трубобетонных колонн, главных балок и второстепенных балок. Каждая балка замоделирована двумя стержневыми элементами. Первый стержень стального сечения (см. рис. 9), второй — железобетонного с учетом габаритов обетонирования стального (рис. 8, жесткость № 4). При этом железобетонному сечению назначены жесткие вставки высотой, равной расстоянию между центрами тяжести вышеуказанных сечений.

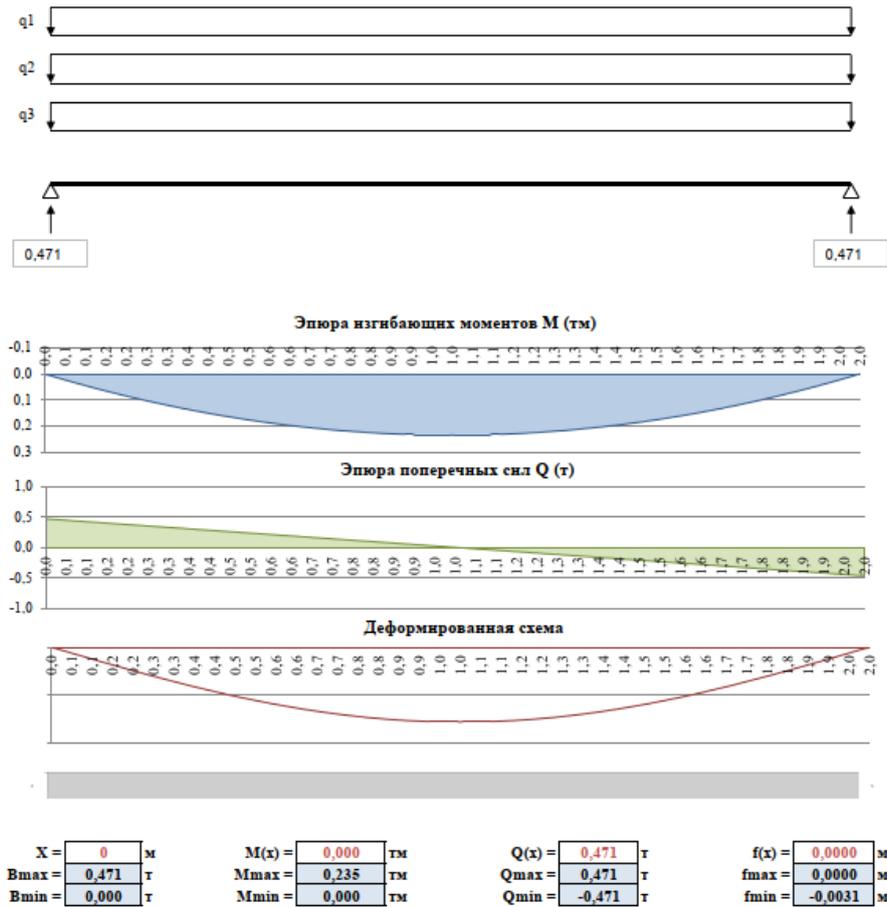


Рис. 6. Эпюры усилий и опорные реакции в профнастиле

(если  $z < \text{или} = 1.5 \cdot h$ ;  $z = b + 2 \cdot r$ )  $z = 1.5 \cdot h = 0.11$  м

сжимающее напряжение на опоре  $s_c = M/W_{x1} = 0.00$  т/м<sup>2</sup>

растягивающее напряжение на опоре  $s_t = M/W_{x2} = 0.00$  т/м<sup>2</sup>

местное напряжение  $s_{loc} = 2 \cdot B / (t \cdot z) = 1111.06$  т/м<sup>2</sup>

напряжение у горизонтального уступа гофра  $s_1 = 0.00$  т/м<sup>2</sup>

ср. кас. напряжение в отсеке 1  $t_{01} = 2 \cdot B / (t \cdot h_{01}) = 6235.57$  т/м<sup>2</sup>

ср. кас. напряжение в отсеке 2  $t_{02} = B / (t \cdot h_{02}) = 1257.38$  т/м<sup>2</sup>

коэф. учит. мест. смятие  $g_1 = 0.42 \cdot (2 \cdot a_1 - 1) \cdot s_{loc} / s_c = 0.000$

коэф. учит. мест. смятие  $g_2 = 0.42 \cdot (2 \cdot a_2 - 1) \cdot s_{loc} / s_c = 0.000$

**Проверка прочности настила п.25.9 Пособия по проектированию стальных конструкций**

в пролете  $M_{max} \cdot g_{ef} / (W_{x1} \cdot R_y) = 0.343 < 1$  34,3 %

на опоре  $M_{min} \cdot g_{ef} / (W_{x1} \cdot R_y) = 0.000 < 1$  0,0 %

**УСЛОВИЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ**

**Проверка устойчивости стенки п.25.13 Пособия по проектированию стальных конструкций**

пред. значение высоты стенки отсека 1  $h_{01lim} = 0.000 < h_{01}$  0,0 %

пред. значение высоты стенки отсека 2  $h_{02lim} = 0.000 < h_{02}$  0,0 %

**УСЛОВИЕ НЕ ПРОВЕРЯЕТСЯ**

**Проверка жесткости настила п.25.10 Пособия по проектированию стальных конструкций**

$f_{lim} = 1/150 = 0.0133 > 0.0031$  23,6 %

**УСЛОВИЕ ВЫПОЛНЯЕТСЯ**

Время расчета 11,9 сек.

Рис. 7. Результаты проверки сечения профилированного настила Н75–750–0.7 по двум группам предельных состояний по разрезной схеме на стадии монтажа

Таблица 1. Исходные данные для расчета сталежелезобетонного перекрытия

Показатель	Буквенное обозначение	Значение	Ед. изм.
Марка стали профилированного настила	-	C255	-
Класс бетона	-	B25	
Класс арматурных стержней	-	A500C	-
Расчетное сопротивление бетона сжатию	$R_b$	13,05	МПа
Расчетное сопротивление бетона растяжению	$R_{bt}$	0,945	МПа
Значение начального модуля упругости бетона	$E_b$	30000	МПа
Центр тяжести сечения профлиста Н75–750–0.7	$y_c$	40,8	мм
Шаг гофр профилированного настила	$b_{ш}$	187,5	мм
Площадь сечения настила	$A$	880	мм <sup>2</sup>
Площадь сечения настила	$A_n$	206,25	мм <sup>2</sup>
Диаметр стержневой растянутой арматуры	$d_p$	12	мм
Диаметр стержневой сжатой арматуры	$d_{сж}$	8	мм
Площадь поперечного сечения стержневой растянутой арматуры	$A_s$	113,10	мм <sup>2</sup>
Площадь поперечного сечения стержневой сжатой арматуры	$A'_s$	50,27	мм <sup>2</sup>
Момент сопротивления настила	$W_{x1}$	22,5	см <sup>3</sup>
Момент сопротивления настила	$W_{x2}$	29,1	см <sup>3</sup>
Момент инерции настила	$J_x$	104,5	см <sup>4</sup>
Толщина	$t_n$	0,7	мм
Коэффициент условий работы профилированного настила	$\gamma_c$	0,8	д.ед.
Значение сопротивления материала настила изгибу	$R_v$	250	МПа
Значение расчетного сопротивления арматуры растяжению	$R_s$	435	МПа
Значение расчетного сопротивления арматуры растяжению	$R_{sc}$	435	МПа
Расстояние от центра тяжести сжатой арматуры до грани бетона	$a'$	24	мм
Высота полки приведенного таврового сечения	$h'_f$	45	мм
Высота ребра приведенного таврового сечения	$h_p$	75	мм
Ширина полки приведенного таврового сечения	$b_p$	1000	мм
Ширина ребра по низу приведенного таврового сечения	$b'_f$	460	мм
Ширина ребра по верху приведенного таврового сечения	$b_f$	687,5	мм
Ширина ребра приведенного таврового сечения	$b_p$	573,75	мм
Коэффициент условий работы тяжелого бетона	$\varphi_{b4}$	1,5	д.ед.
Коэффициент, учитывающий влияние сжимающих и растягивающих напряжений	$\varphi_n$	0	д.ед.

Таблица 2. Расчет сталежелезобетонной плиты на стадии эксплуатации

Показатель	Буквенное обозначение	Значение	Ед. изм.
Расчет прочности плиты по нормальным сечениям			
Характеристика сжатой зоны	$w$	0,746	д.ед.
Предельное напряжение в стержневой арматуре сжатой зоны	$\sigma_{SR}$	435	МПа
Наибольшее из величин $R_v$ и $R_s$	$R$	435	МПа
Граничное значение относительной высоты сжатой зоны	$\xi_R$	0,564	д.ед.
Рабочая высота сечения плиты	$h_0$	85,8	мм
Граничная высота сжатой зоны бетона	$x_R$	48,38	мм
Высота сжатой зоны бетона	$x$	28,03	мм
Нейтральная ось в полке плиты ( $x < h'_f$ ; $x < x_R$ )			
Максимальный изгибающий момент в сечении	$M_{span}$	0,128	тм
Изгибающий момент, который может воспринять сечение	$M$	0,774	тм
Коэффициент использования	$k$	0,166	д.ед.

Показатель	Буквенное обозначение	Значение	Ед. изм.
Так как $k < 1$ , то прочность плиты по нормальным сечениям обеспечена			
Расчет прочности плиты по наклонным сечениям			
Поперечное усилие, воспринимаемое стенками настила в одном гофре	$0,34R_{sc}h_n t_n$	0,364	т
Поперечное усилие, воспринимаемое бетоном	$Q_b$	0,645	т
Поперечное усилие, воспринимаемое поперечной арматурой	$Q_{sw}$	0	т
Поперечное усилие в сечении	$Q_{внеш}$	0,257	т
Поперечное усилие, воспринимаемое сечением	$Q$	1,009	т
Коэффициент использования	$k$	0,255	д.ед.
Так как $k < 1$ , то прочность плиты по наклонным сечениям обеспечена			
Расчет анкеровки			
Изгибающий момент в сечении	$M_{span}$	0,13	тм
Расчетный момент, воспринимаемый профнастилом	$M_n$	0,13	тм
Максимальный изгибающий момент, воспринимаемый профнастилом	$(T_{an} + T_{rif}) \cdot z_n$	1,32	тм
Максимальный изгибающий момент, воспринимаемый арматурой	$\gamma_s R_s A_s z_s$	36,67	тм
Диаметр анкерного стержня (класс арматуры — А500С)	$d$	12,00	мм
Сопrotивление анкеровки сдвигу на опорах по концам настила, наименьшее значение из $T_{an1}, T_{an2}, T_{an3}$	$T_{an}$	18,39	т
Сопrotивление рифов, расположенных на стенках настила сдвигу	$T_{rif}$	0,00	т
Сопrotивление анкеровки сдвигу на опорах по концам настила	$T_{an1}$	18,39	т
Сопrotивление вырыванию настила вокруг анкера	$T_{an2}$	24,26	т
Сопrotивление разрыва настила в зоне приварки анкера	$T_{an3}$	29,79	т
Расчет на местное смятие			
Опорная реакция на один гофр	$N$	0,26	т
Максимально допустимое смятие бетона	$0,5R_b A_{loc}$	0,36	т
Расчетное сопротивление бетона сжатию	$R_b$	0,80	МПа
Площадь смятия	$A_{loc}$	0,0092	м <sup>2</sup>
Ширина гофра по низу таврового сечения плиты	$b$	0,092	м
Длина опирания	$a$	0,1	м
<b>Расчет на прогиб</b>			
Прогиб плиты перекрытия	$f_m$	10,09	мм
Прогиб плиты от действия нагрузок в стадии эксплуатации	$f_{rc}$	8,60	мм
Дополнительный прогиб плиты за счет податливости анкерных связей	$f_{add}$	1,49	мм
Пролет плиты	$l$	2000	мм
Максимально допустимый прогиб плиты	$l/150$	13,33	мм
Наибольший изгибающий момент в пролете от нормативной нагрузки	$M_{n,span}$	0,189	тм

Расчет ведется без учета проверки на устойчивость, так как она обеспечивается замоноличиванием бетоном. Принятые жесткостные характеристики представлены на рис. 8.

Результаты расчетов представлены на рис. 10.

Выводы

1. Коэффициенты использования рассчитываемого сечения свидетельствуют о том, что плита не перегружена, следовательно, обладает большим запасом прочности. Также при сохранении величин нагрузок имеет смысл уменьшить сечение плиты путем применения профилированного настила меньшей высоты, что уменьшает металлоемкость конструкции и снижает расход бетона.

2. Основным недостатком применения сталежелезобетонных конструкций является сложность моделирования при проектировании, поскольку в наиболее распространенных расчетных комплексах отсутствует возможность корректного учета анкеровки, обеспечивающей сцепление бетона и настила. Более того, сталежелезобетонные конструкции рассчитываются в две стадии: в доэксплуатационный период и в период эксплуатации. Это обусловлено тем, что в плитах перекрытий по профилированному настилу, стальная часть конструкции является несущим элементом до набора бетоном проектной прочности. Поэтому, профнастил рассчитывается на прочность и жесткость с учетом монтажных нагрузок, собственного веса бетона, нагрузок от собственного веса

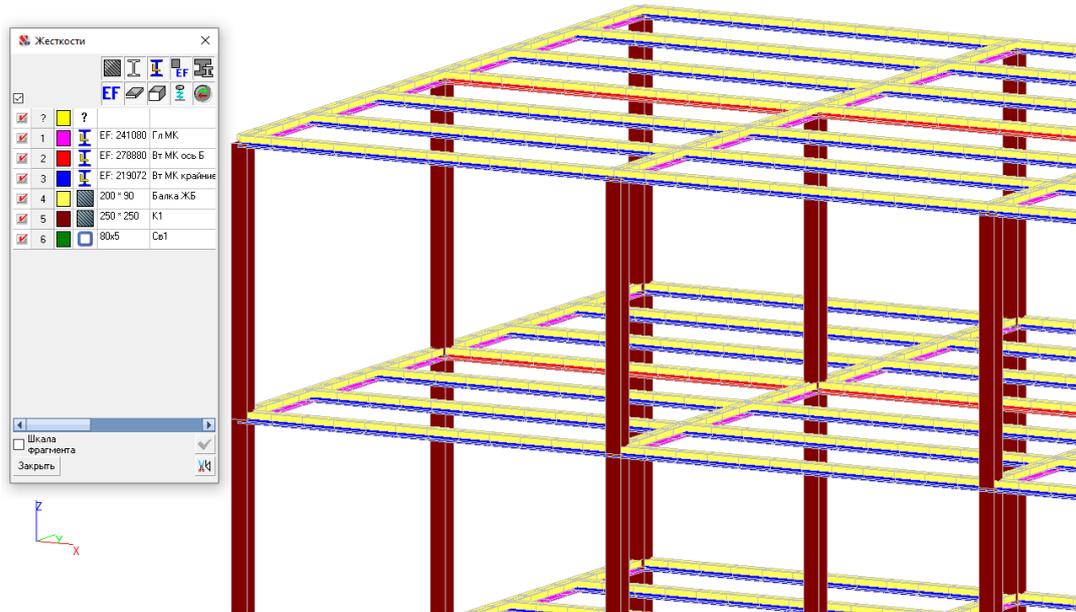


Рис. 8. Жесткости всех элементов здания

Параметр	Значение	Единица
A	Площадь поперечного сечения	104,32 см <sup>2</sup>
A <sub>у,у</sub>	Условная площадь среза вдоль оси U	12,35 см <sup>2</sup>
A <sub>у,у</sub>	Условная площадь среза вдоль оси V	79,42 см <sup>2</sup>
α	Угол наклона главных осей инерции	90 град
I <sub>у</sub>	Момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельно	2413,52 см <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	Момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельно	6393,07 см <sup>4</sup>
I <sub>т</sub>	Момент инерции при свободном кручении	98,22 см <sup>4</sup>
i <sub>у</sub>	Радиус инерции относительно оси Y1	4,81 см
i <sub>z</sub>	Радиус инерции относительно оси Z1	7,83 см
Y <sub>с</sub>	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси U	0 см
Z <sub>с</sub>	Расстояние между центром тяжести и центром сдвига вдоль оси V	0 см
W <sub>у,у</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси U	399,57 см <sup>3</sup>
W <sub>у,у</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси U	399,57 см <sup>3</sup>
W <sub>у,у</sub>	Максимальный момент сопротивления относительно оси V	561,04 см <sup>3</sup>
W <sub>у,у</sub>	Минимальный момент сопротивления относительно оси V	248,86 см <sup>3</sup>
W <sub>р,у</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси U	695,17 см <sup>3</sup>
W <sub>р,у</sub>	Пластический момент сопротивления относительно оси V	435,48 см <sup>3</sup>
I <sub>т</sub>	Максимальный момент инерции	6393,07 см <sup>4</sup>
I <sub>т</sub>	Минимальный момент инерции	2413,52 см <sup>4</sup>
i <sub>т</sub>	Максимальный радиус инерции	7,83 см
i <sub>т</sub>	Минимальный радиус инерции	4,81 см
e <sub>у,у</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Y(U)	2,39 см
e <sub>у,у</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Y(U)	5,38 см
e <sub>у,у</sub>	Ядровое расстояние вдоль положительного направления оси Z(V)	3,83 см
e <sub>у,у</sub>	Ядровое расстояние вдоль отрицательного направления оси Z(V)	3,83 см
M	Масса 1 м	81,89 кг

Рис. 9. Стальное сечение второстепенной балки

и людей. В период эксплуатации такого перекрытия несущим элементом становится железобетонная плита, а профилированный настил выполняет роль рабочей внешней арматуры.

3. Сталежелезобетонные конструкции эффективно применять в промышленном строительстве, поскольку сечения имеют малую толщину. Толщина рассмотренного

сталежелезобетонного элемента составляет 120 мм и требует минимального расхода арматуры. Железобетонное перекрытие аналогичной толщины является более трудоемким с точки зрения выполнения строительных работ, поскольку в элементах малой толщины сложнее производить бетонирование.

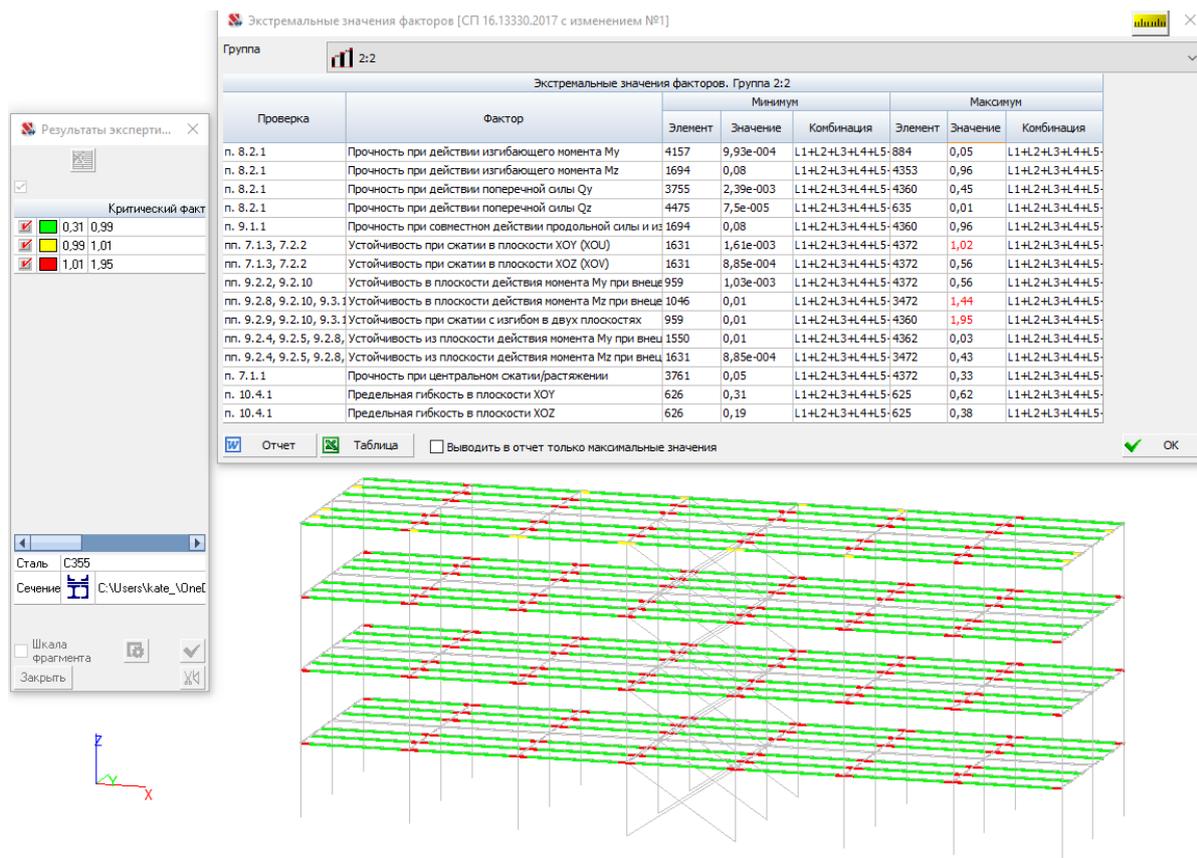


Рис. 10. Результаты расчета по второстепенным балкам по прочности

## Литература:

- Кибирева, Ю. А., Астафьева Н. С. Применение конструкций из сталежелезобетона. // Экология и строительство. — 2018. — № 2. — с. 27–34.
- DELTA BEAM Slim Floor Structure for open spaces Technical Information. — URL: <https://www.peikko.com/products/deltabeam-slim-floor-structures/technical-information/>
- Мартынов, Ю. С. Сталежелезобетонные конструкции в промышленном и гражданском строительстве БССР // Опыт разработки и внедрения / Ю. С. Мартынов. — Минск, 1989. — 57 с.
- Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом/НИИЖБ, ЦНИИПромзданий. — М., 2007, 43 с.
- Монолитное перекрытие по профнастилу [Электронный ресурс]. — URL: <https://profnastil35.ru/raznoe/monolitnoe-perekrytie+po-profnastilu.html> (дата обращения: 27.02.2022).
- Манькин, А.М., Подольский И. Я., Дмитриев Ю. В. Применение сталежелезобетонных конструкций в промышленном строительстве // ЦБНТИ Минпромстроя. Строительная индустрия / А. М. Манькин, И. Я. Подольский, Ю. В. Дмитриев. — 1974. — вып.5. — с. 23–24.
- СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044285>
- СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/554403082>
- СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23–81\*. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/456069588>
- СТО 57398459–035–2014. Плиты перекрытий зданий и сооружений сталежелезобетонные с применением стальных профилированных листов. Нормы проектирования. — URL: [http://www.proflist.ru/techinfo/STO\\_57398459–035–2014.pdf](http://www.proflist.ru/techinfo/STO_57398459-035-2014.pdf)
- СТО 0047–2005. Перекрытия сталежелезобетонные с монолитной плитой по стальному профилированному настилу. Расчет и проектирование. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200080354>
- ГОСТ 24045–2016. Профили листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200141111>

13. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85\*. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044318>

## Методы усиления безригельных и бескапитальных каркасных зданий

Макиш Нурахмет Камадиярович, кандидат технических наук, заведующий лабораторного сектора;  
Кенжегали Айгали Торегалиевич, студент магистратуры

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева (Satbayev University) (г. Алматы, Казахстан)

*Многие здания и сооружения, возведенные в сейсмических районах без учета основных конструкционных требований по обеспечению прочности и сейсмоустойчивости, уязвимы при землетрясениях даже с магнитудой ниже 6 баллов. Гарантировать полную безопасность сооружений во время землетрясений практически невозможно. Имеется определенный риск при эксплуатации и строительстве зданий и сооружений на территориях, включающих старую застройку со зданиями, возведенными без современного комплекса антисейсмических мероприятий, особенно в районах с высокой плотностью населения. Данные здания требуют укрепления, а методы и способы укрепления зависят от сравнительного экономического анализа (расход материалов, трудоемкость, общая стоимость и характер повреждений, расположение конструкции в плане, эксплуатационные компоненты, назначение здания и т. д.). Некоторые из таких методов, а также их достоинства и недостатки рассмотрены в данной статье.*

**Ключевые слова:** усиление, колонна, железобетонная обойма, канатная арматура, поперечное сечение, плита перекрытия, усиление колонн, несущая способность, конструкция.

В первую очередь необходимо понять, для чего делается реконструкция здания:

- это переустройство для полного или частичного изменения назначения здания, улучшения территории и застройки, установка нового оборудования, которое соответствует современным нормам;
- восстановление или усиление прочности здания с целью продлить срок работоспособности конструкции;
- перепланировка или изменение назначения здания или улучшение вида зданий в архитектурном плане.

Во время обследований безригельного каркаса часто видны трещины вокруг колонны, а именно в перекрытиях, где с течением времени или благодаря частичным перегрузкам в плите появляются небольшие трещины, которые постепенно усиливаются, под воздействием сейсмической активности в регионе, природных явлений или в процессе износа здания.

В этой статье предложены некоторые методы усиления конструкций, которые по результатам практических исследований показали значительную эффективность.

### 1 метод

#### Добавление поперечного армирования

Данный метод усиления был разработан в США и прошел ряд необходимых испытаний и расчетов. Принимая во внимание то, что данный метод является оптимальным способом усиления плиты от продавливания, он имеет определённые недостатки:

- наружные верхние и нижние части болтов, которые необходимо дополнительно учитывать при косметической отделке;
- необходимость закрепления наружной части стяжных болтов клейками на случай возникновения пожара.

По инструкциям для монтажа стяжных болтов плиту надо пробуривать сквозными отверстиями в зоне вокруг колонны, с помощью этой процедуры можно избежать риска преждевременного обрушения, так как после сквозного перфорирования расчетное сечение плиты перекрытий в итоге ослабляется.

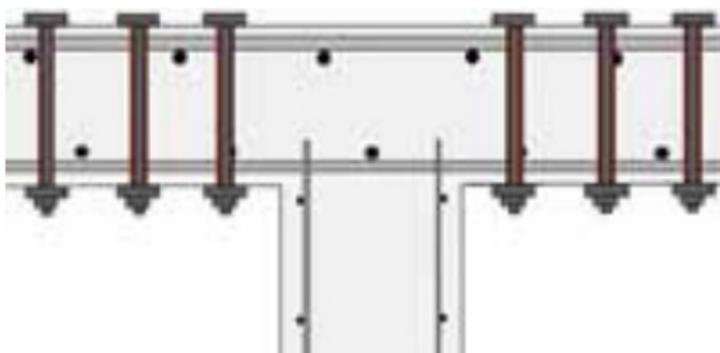


Рис. 1. Добавление поперечного армирования

Данный метод заключается в усилении плиты перекрытий от продавливания с помощью поперечно наклонных арматурных стержней, которые устанавливаются в плиту путём бурения отверстий только с нижней стороны плиты и заканчивая вклейкой стержней с высокопрочными химическими составами.

Технические характеристики этой системы уже были подтверждены результатами испытаний и опытным путем доказано, что сопротивление плиты к продавливанию существенно возрастает.

Можно выделить ряд преимуществ данного метода усиления:

— значительно увеличивается эксплуатационная прочность и безопасность плитных железобетонных конструкций;

— значительно снижается расход материалов, а также сокращаются сроки строительно-монтажных работ при усилении конструкций по сравнению с другими методами усиления;

— уменьшается нагрузка на усиливающую конструкцию от имеющегося веса элементов усиления.

### II метод

Для усиления железобетонной колонны существует достаточное количество методов. Наибольшее распространение получили следующие: железобетонные и стальные обоймы, одностороннее и двустороннее наращивание сечения, предварительно напряженные обоймы и распорки, приставные стойки и разгружающие элементы.

— Усиление железобетонной обоймой считается наиболее простым и надежным способом увеличения несущей способности колонны. Обойма состоит из продольной и поперечной арматуры и бетонного слоя. Перед

усилением поверхность колонны должна быть зачищена от старого штукатурного слоя, а поверхность существующего бетона за час до наращивания смочена водой. Чаще всего железобетонную обойму делают толщиной 6–12 см. Сечение и количество продольной арматуры рассчитывается для каждого случая отдельно. Совместная работа обоймы и колонны — важное условие [3].

— Усиление колонн стальной обоймой — довольно простой метод в исполнении, позволяющий незначительно увеличить размер поперечного сечения и практически сразу ввести колонну в эксплуатационный режим. С использованием цементно-песчаного раствора устанавливаются продольные элементы обоймы из угловой стали, прижимаемые к колонне с помощью струбцин, после чего к уголкам приваривают поперечные планки [3].

— При средней степени разрушения и при отсутствии другого материала железобетонные колонны могут быть усилены деревянными стойками [3]. Для осуществления этого способа деревянные стойки устанавливаются под главными балками на подкладки из коротких брусьев и снизу плотно укрепляются клиньями из дерева твердых пород (дуб, лиственница). Стойки скрепляются с колоннами скрутками в три оборота. Плоскости торцов деревянных стоек должны быть перпендикулярны к их осям и для усиления обиваются кровельным железом.

### III метод

**Железобетонные стены-диафрагмы с жесткой арматурой**

Элементы жесткости высотных зданий в виде стен-диафрагм выполняются с жестким армированием из стальных профилей, размещаемых, как правило, в концевых участках поперечного сечения (рис. 2).



Рис. 2

Такое расположение стальных профилей позволяет решать вопросы повышения прочности и расчетной предельной деформативности скрытых колонн каркаса здания. Достаточно широкому применению конструкций стен-диафрагм с крайним расположением жесткого армирования в смешанных конструктивных системах способ-

ствовало условие удобного и надежного конструктивного соединения между стальными балками и стенами-диафрагмами.

Таким образом, в данной статье рассмотрены основные методы по усилению бетонных конструкций, а также основные преимущества и недостатки этих методов.

### Литература:

1. Mentetrej F, Brjuhvajler E., «Usilenie sushhestvujushhih zhelezobetonnyh plit na srez pri dejstvii sosredotochennyh nagruzok» Federal'nyj politehnicheskij institut Lozanny izdanie 1996 goda (École polytechnique fédérale de Lausanne — EPFL) — Repro — 1996
2. Юдина, А. Ф. Реконструкция и техническая реставрация зданий и сооружений [Текст]: учеб. пособие/А. Ф. Юдина. — 3-е изд., стер. — М.: Академия, 2014. — 319

3. Standart organizacii «proektirovanie usilenija plit na prodavlivanie himicheskim ankerami «Hilti HZA-P» NIIZhB im. A. A. Gvozdeva
4. Методы усиления железобетонных колонн [Электронный ресурс]. — Режим доступа: Методы усиления железобетонных колонн | Статья в журнале «Молодой ученый» (moluch.ru) (дата обращения: 03.05.2022).

## Оценка соответствия строительных конструкций требованиям пожарной безопасности

Морозов Евгений Леонидович, студент  
Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

Общая оценка пожарной опасности объекта — это анализ показателей веществ и материалов, использованных при возведении зданий и применяемых в технологическом процессе на производстве. Она обязательна перед сдачей объекта в эксплуатацию, а также является частью плановых проверок предприятий.

В строительных конструкциях зданий и сооружений используются различные материалы по происхождению и пожарной опасности. В данной статье рассмотрена строительная конструкция, каркас которой состоит из металла. В современной практике строительства металлические конструкции находят широкое применение. Это объясняется тем, что металл благодаря своей высокой прочности и надежности в работе при различных видах напряженного состояния и долговечности, способен воспринимать значительные нагрузки. Однако металлические конструкции обладают таким недостатком, как подверженность коррозии, что требует специальных мероприятий по защите. Строительные конструкции характеризуются следующими пожарно-техническими характеристиками: огнестойкостью и пожарной опасностью.

Главный принцип противопожарного нормирования этих характеристик призывает обеспечить безопасность людей в случае возникновения пожара и свести к минимуму материальный ущерб. Однако на практике широко применяют конструкции, которые в случае пожара могут представлять угрозу здоровью и жизни людей, способствуют развитию пожара и увеличению материального ущерба. Наблюдающийся за последние годы рост числа пожаров, гибели людей и увеличение материального ущерба связаны не только с повышением энергонасыщенности и ростом количества пожарной нагрузки зданий, но и с несоответствием оценки строительных конструкций требованиям пожарной безопасности. Поэтому в нашей стране и за рубежом большое внимание уделяется оценке пожарной безопасности строительных конструкций.

**Ключевые слова:** пожар; люди; строительные конструкции; огнестойкость; ущерб.

Необходимость классификации строительных конструкций по огнестойкости определена Федеральным законом № 123-ФЗ от 22.07.2008 года «Технический регла-

мент о требованиях пожарной безопасности» (ст. 28, 52, 58). В нем сказано, что учет при строительстве предела огнестойкости — один из способов защиты людей и имущества от опасных факторов пожара. Применение соответствующих функциональному назначению объекта материалов строительства и отделки повышает степень устойчивости к огню всего здания. Класс пожарной опасности сооружения должен обеспечиваться именно за счет конструктивных решений.

Проверка соответствия строительных конструкций требованиям пожарной безопасности осуществляется методом сопоставления. Сравниваются фактические и требуемые пределы огнестойкости конструкций, фактические и допускаемые пределы распространения огня по конструкциям (или фактические и допускаемые классы пожарной опасности строительных конструкций).

Объектом для проверки соответствия требованиям пожарной безопасности было выбрано складское здание со встроенным административно-бытовым корпусом (АБК). Оно размещено во вновь строящемся здании этажностью: склад — 1 этаж, встроенный АБК — 2 этажа.

Характеристики здания:

- 1) Назначение: складское здание со вспомогательными и конторскими помещениями.
- 2) Размеры в плане — 120·72 м.
- 3) Каркас здания — металлический.
- 4) Площади здания условно поделены на две технологические зоны:
  - зона складских помещений;
  - зона конторских помещений.
- 5) Категория склада по ВПиПО — В.
- 6) По функциональной пожарной опасности складское здание принадлежит к классу Ф5.2, встроенный АБК принадлежит к классу Ф4.3.

Требуемая степень огнестойкости здания — минимальная степень огнестойкости, соответствующая назначению здания (т. е. та степень огнестойкости, ниже которой не должно быть проектируемое здание). Ее определяют в зависимости от этажности зданий, класса функциональной пожарной опасности, площади пожарного отсека и происходящих в них технологических процессов.

Рассматриваемое здание состоит из двух этажей. Площадь каждого этажа равна 4320м<sup>2</sup>. Класс конструктивной пожарной опасности, допустимую высоту зданий и площадь этажа в пределах пожарного отсека для адми-

нистративно-бытовых зданий предприятий и складов (отдельно стоящих зданий, пристроек и вставок класса Ф4.3), следует принимать в соответствии с таблицей (табл. 1).

Таблица 1. Категорирование складов

Категория склада	Допустимая высота здания, м	Степень огнестойкости зданий	Класс конструктивной пожарной опасности зданий	Площадь этажа в пределах пожарного отсека зданий, м <sup>2</sup>		
				одноэтажных	двухэтажных	многоэтажных
А	-	I, II	C0	5200	-	-
	-	III	C0	4400	-	-
	-	IV	C0	3600	-	-
	-	IV	C2, C3	75 <*>	-	-
Б	18	I, II	C0	7800	5200	3500
	-	III	C0	6500	-	-
	-	IV	C0	5200	-	-
	-	IV	C2, C3	75 <*>	-	-
В	36	I, II	C0	10400	7800	5200
	24	III	C0	10400	5200	2600
	-	IV	C0, C1	7800	-	-
	-	IV	C2, C3	2600	-	-
	-	V	Не норм.	1200	-	-
Д	Не огр.	I, II	C0	Не огр.	10400	7800
	36	III	C0, C1	Не огр.	7800	5200
	12	IV	C0, C1	Не огр.	2200	-
	-	IV	C2, C3	5200	-	-
	9	V	Не норм.	2200	1200	-

Выбираем приближенное значение 5200м<sup>2</sup> и в соответствии с площадью определяем класс конструктивной по-

жарной опасности C0 и III степени огнестойкости по следующей таблице (табл. 2).

Таблица 2. Степень огнестойкости и класс конструктивной пожарной опасности здания

Категория склада	Допустимая высота здания, м	Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности здания	Площадь этажа в пределах пожарного отсека здания, м <sup>2</sup>
				двухэтажные
В	24	III	C0	5200

Определяем требуемые пределы огнестойкости и допустимые классы пожарной опасности выбранного здания

в соответствии с классом конструктивной пожарной опасности C0 (табл. 3).

Таблица 3. Классы пожарной опасности строительных конструкций

Класс конструктивной пожарной опасности здания	Класс пожарной опасности строительных конструкций, не ниже				
	Несущие стержневые элементы	Стены наружные с внешней стороны	Стены. Перегородки; перекрытия и бесчердачные покрытия	Стены лестничных клеток и противопожарные перегороды	Марши и площадки лестниц в лестничных клетках
С0	К0	К0	К0	К0	К0

Так как все строительные конструкции относятся к классу К0, можно сделать вывод о том, что они не пожароопасные.

Затем определяем соответствие степени огнестойкости и предела огнестойкости строительных конструкций зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков (Табл. 4).

Таблица 4. Предел огнестойкости строительных конструкций

Степень огнестойкости и зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков	Предел огнестойкости строительных конструкций						
	Несущие стены, колонны и другие несущие элементы	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и надподвалами)	Строительные конструкции бесчердачных покрытий		Строительные конструкции лестничных клеток	
				Настилы (в том числе с утеплителем)	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
III	R 45	E 15	REI 45	RE15	R 15	REI 60	R 45

Указанные в таблице пределы огнестойкости соответствуют времени достижения одного или последовательно нескольких признаков предельных состояний: R — потеря несущей способности; E — потеря целостности; I — потеря теплоизолирующей способности вследствие повы-

шения температуры на необогреваемой поверхности конструкции до предельных значений.

По таблице 5 определим класс пожарной опасности строительных конструкций в зависимости от класса функциональной пожарной опасности.

Таблица 5. Класс пожарной опасности материалов

Класс (подкласс) функциональной пожарной опасности здания	Этажность и высота здания	Класс пожарной опасности материала, не более указанного			
		для стен и потолков		для покрытия полов	
		Вестибюли, лестничные клетки, лифтовые холлы	Общие коридоры, холлы, фойе	Вестибюли, Лестничные клетки, лифтовые холлы	Общие коридоры, холлы, фойе
Ф1.2; Ф1.3; Ф2.3; Ф2.4; Ф3.1; Ф3.2; Ф3.6; Ф4.2; Ф4.3; Ф4.4; Ф5.1; Ф5.2; Ф5.3	не более 9 этажей или не более 28 м	КМ2	КМ3	КМ3	КМ4
	более 9, но не более 17 этажей или более 28, но не более 50 м	КМ1	КМ2	КМ2	КМ3
	более 17 этажей или более 50 м	КМ0	КМ1	КМ1	КМ2
Ф1.1; Ф2.1; Ф2.2; Ф3.3; Ф3.4; Ф3.5; Ф4.1	вне зависимости от этажности и высоты	КМ0	КМ1	КМ1	КМ2

Также класс пожарной опасности строительных материалов определяется параметрами их воспламеняемости (группами), приведенными в табл. 6.

Таблица 6. Класс пожарной опасности материалов

Свойства пожарной опасности строительных материалов	Класс пожарной опасности строительных материалов в зависимости от групп					
	КМ0	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5
Горючесть	НГ	Г1	Г1	Г2	Г2	Г4
Воспламеняемость	-	В1	В1	В2	В2	В3
Дымообразующая способность	-	Д1	Д3	Д3	Д3	Д3
Токсичность продуктов горения	-	Т1	Т2	Т2	Т3	Т4
Распространение пламени по поверхности для покрытия полов	-	РП1	РП1	РП1	РП2	РП4

По таблице 5 и 6 определили, что материалы для стен и потолков должны иметь класс пожарной опасности материала КМ2 (слабогорючие, трудновоспламеняемые, с высокой дымообразующей способностью, с умеренной опасностью по токсичности продуктов горения) и КМ3 (умеренно горючие, умеренно воспламеняемые, с высокой дымообразующей способностью, с умеренной опасностью по токсичности продуктов горения). Для покрытия полов материалы должны иметь класс пожарной опасности материала КМ3 (умеренно горючие, умеренно воспламеняемые, с высокой дымообразующей способностью, с уме-

ренной опасностью по токсичности продуктов горения) и КМ4 (умеренно горючие, умеренно воспламеняемые, с высокой дымообразующей способностью, с высокой опасностью по токсичности продуктов горения).

Все строительные материалы в складском здании не должны превышать данные параметры.

Полученные значения не будут допускать халатного отношения при строительстве данного склада, что обеспечит безопасность людей и сведет к минимуму материальный ущерб на случай возникновения пожара.

#### Литература:

1. Пособие по определению пределов огнестойкости строительных конструкций, параметров пожарной опасности материалов. Порядок проектирования огнезащиты. — Москва: ОАО «Научно-исследовательский центр «Строительство», 2013. — 52 с.
2. Приказ МЧС России «Об утверждении свода правил СП 2.13130 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» от 12.03.2020 № 151.

3. Сайт МЧС России. URL: <https://www.mchs.gov.ru/>.
4. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
5. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

## Анализ влияния прогиба от опалубочных работ при проведении СМР на примере монолитного железобетонного перекрытия. Влияние на порядок усиления конструкций внешним армированием

Удалов Юрий Михайлович, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*В статье производится анализ влияния прогиба от опалубочных работ при проведении СМР на примере конструкций перекрытия, влияние его на увеличение нагрузки и снижение несущей способности.*

**Ключевые слова:** железобетон, армирование, обследование, прогиб, перекрытия, несущая способность, опалубка, внешнее армирование.

Совершенствование методики расчета прогибов изгибаемых железобетонных элементов, изготовленных из бетонов, в т. ч. сверхвысокой прочности, является актуальной задачей, что также определяет новизну и общую концепцию диссертационного исследования [7].

Для выбора наиболее рационального метода усиления конструкций перекрытий из монолитного железобетона необходимо учитывать вводные параметры конструкций. В данной статье производится анализ влияния прогиба от опалубочных работ при проведении СМР, влияние его на увеличение нагрузки и снижение несущей способности.

Рассмотрим железобетонное монолитное перекрытие пролётом 6 метров шириной 6 метров.

Перекрытие замоделировано толщиной 200 мм с классом бетона В25, несущие стены приняты толщиной 250мм с классом бетона В25.

Жесткостные характеристики элементов конструкции понижены с учетом коэффициентов, согласно п. 6.2.7 СП 430.1325800.2018 [3]:

- 0,6 для вертикальных сжатых железобетонных стен;
- 0,2 для несущего горизонтального перекрытия.

В соответствии с ГОСТ Р 54257–2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования» класс сооружения принят КС-2. Коэффициент надежности по ответственности принят равным 1 [4].

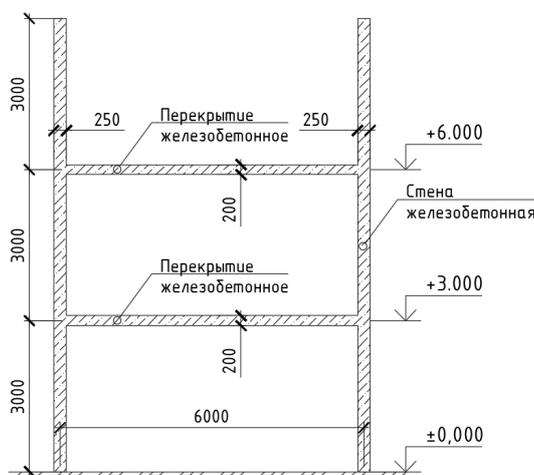


Рис. 1. Геометрические параметры железобетонной конструкции

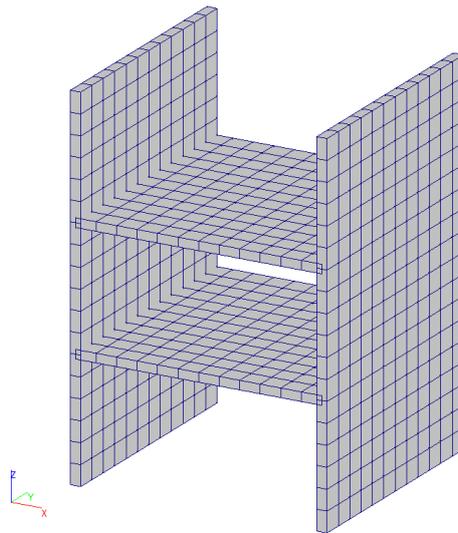


Рис. 2. Расчетная схема железобетонной конструкции

Базовый прогиб конструкции перекрытия формируется за счёт собственного веса конструкции и прогиба формообразующей поверхности опалубки. Класс опалубки принят 2. Прогиб формообразующей поверхности опалубки не должен превышать  $l/400$  (п. 6.1.5 ГОСТ 34329–2017) и равен 15 мм, для 6-метрового перекрытия [6, 8].

Дополнительный прогиб может появляться в соответствии с допусками на изготовление элементов опалубки. Отклонения вертикальных несущих элементов опалубки приняты  $h/800$  (таблица 1 ГОСТ 34329–2017) и равны 2,75мм [6,8]. С учетом данных допусков общий

первоначальный прогиб конструкции равен 17,75 мм. В рамках выполнения монолитных работ толщина перекрытия в центре увеличивается на 17,75мм, отсюда первоначальная нагрузка от собственного веса увеличивается.

В результате расчета перекрытия, получены результаты усилия момента (см. рисунок 3):

- 1) Для перекрытия с увеличенной толщиной в центре пролёта до 217,5 мм: от -1,74 т.\*м. до 1,04 т.\*м.
- 2) Для перекрытия без увеличения толщины в 17,5мм: от от -1,72 т.\*м. до 0,91 т.\*м.

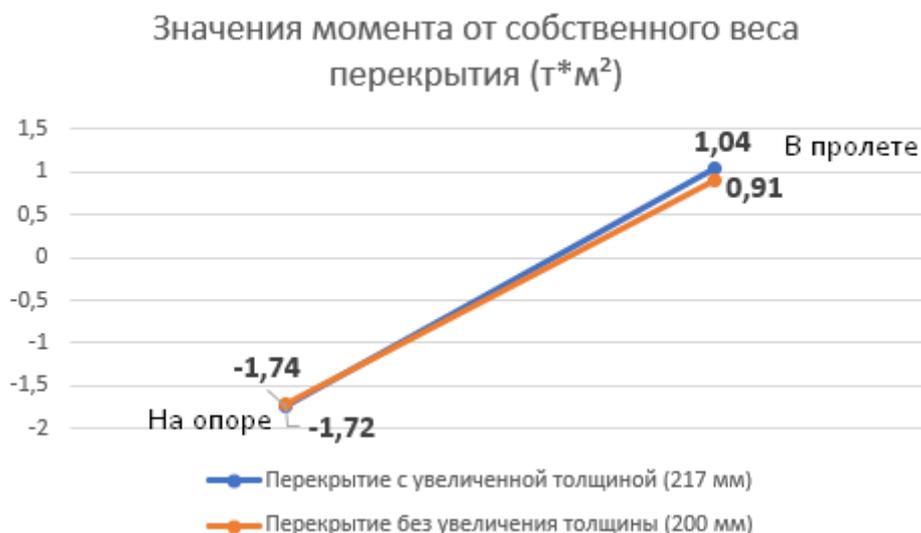


Рис. 3. Максимальные результаты полученных значений моментов в опорном участке и в пролёте

Полученные результаты свидетельствуют об увеличении усилия момента до 13 % в пролёте, незначительное увеличение момента происходит в опорной зоне, до 2 %.

При сравнительном анализе прогибов перекрытий от собственного веса, полученные результаты в обоих слу-

чаях не превышали 3,2 мм. в центре пролёта, — 3.04 мм. и — 3.16 мм. соответственно.

Для оценки полной несущей способности, в рамках выполнения работ по усилению, необходимо провести учёт всех нагрузок (см. таблицу 1) [1].

Таблица 1. Перечень принятых нагрузок

№ п/п	Наименование нагрузки	Нормативное значение кг/м <sup>2</sup>	$\gamma_n$	Нормативное значение с учетом $\gamma_n$ , кг/м <sup>2</sup>	$\gamma_\phi$	Расчетное значение, кг/м <sup>2</sup>
Постоянные нагрузки						
1	Собственный вес ж/б конструкций (2500 кг/м <sup>3</sup> )	Учен в «ПК SCAD»	1	Учен в «ПК SCAD»	1,1	Учен в «ПК SCAD»
Полезные нагрузки						
2	Нагрузка в служебных помещениях административно-бытовых зданий.	200	1	200	1,2	240
Итого полезные нагрузки				200	1,2	240
Постоянные нагрузки от пирога перекрытия						
3	Цементно-песчаная стяжка $\delta_{ст} = 100$ мм $\gamma_{ст} = 2400$ кг/м <sup>3</sup>	240	1	240	1,3	312
4	Линолеум: $\delta_{лин} = 15$ мм; $\gamma_{лин} = 1600$ кг/м <sup>3</sup>	24	1	24	1,2	30
5	Потолок типа «Армстронг» $\gamma_{арм} = 5$ кг/м <sup>2</sup>	5	1	5	1,2	6
Итого постоянные нагрузки от пирога перекрытия				269	1,2	348
Постоянные нагрузки от перегородок в линию (м.п.)						
6	Перегородки кирпичные 250мм $\gamma_{арм} = 1800$ кг/м <sup>3</sup>	1350	11	1350	1,2	1620
Итого нагрузки от перегородок				1350	1,2	1620

В результате расчета получены максимальные усилия изгибающих моментов в плите перекрытия без учета дополнительной толщины в 20мм (Рисунок 4), равные:

- 5,69 т.\*м. в опорной зоне
- 3,41 т.\*м. в пролёте

-5,69	-5,12
-5,12	-4,55
-4,55	-3,98
-3,98	-3,41
-3,41	-2,84
-2,84	-2,28
-2,28	-1,71
-1,71	-1,14
-1,14	-0,57
-0,57	-3,3e-003
-3,3e-003	0,56
0,56	1,13
1,13	1,7
1,7	2,27
2,27	2,84
2,84	3,41

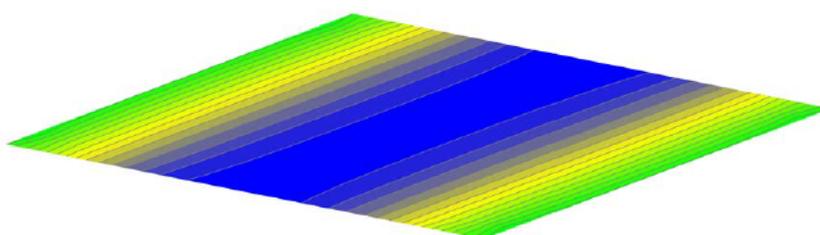


Рис. 4. Полученные результаты изгибающих моментов в плите перекрытия

В результате расчета получены максимальные усилия изгибающих моментов в плите перекрытия с учетом дополнительной толщины в 20мм (Рисунок 5), равные:

- 5,6 т.\*м. в опорной зоне
- 2,98 т.\*м. в пролёте

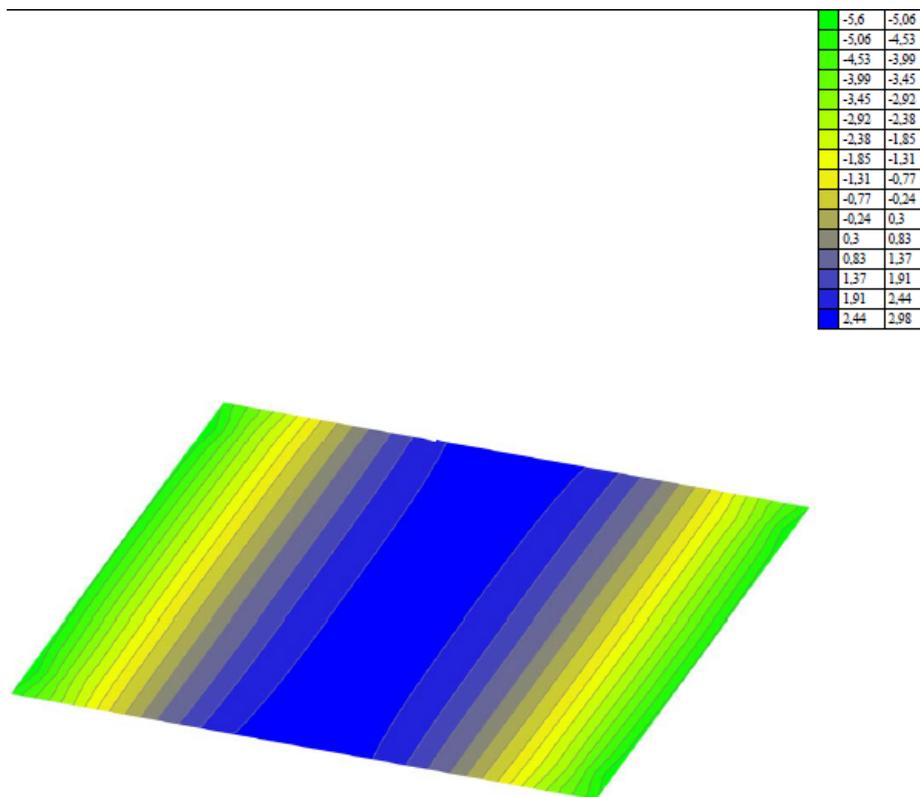


Рис. 5. Полученные результаты изгибающих моментов в плите перекрытия

Армирование принимается из арматуры  $\varnothing 16$  мм с шагом 200мм.

Защитный слой арматуры принят 25 мм в соответствии с требованиями СП 63.133330.2018 [2].

Разница усилий момента в пролёте составляет **13,45 % или 0,43 т\*м.**

Рассматриваемые защитные слои при выполнении расчета:

- 1) 25мм. — защитный слой арматуры проектный.
- 2) 45мм. — защитный слой арматуры с учетом увеличения сечения в середине пролёта на 20мм.

В результате выполненных расчетов (п.8.1.8–8.1.30 СП 63.13330.2018) несущая способность по предельному моменту, деформациям в сжатой зоне бетона обеспечены и деформациям в растянутой арматуре, обеспечена.

Длительная ширина раскрытия трещин согласно расчёту (п. 8.2.6, 8.2.15, 8.2.16) не обеспечена в обоих случаях (см. рисунок 6).

Общая разница в коэффициенте использования по ширине раскрытия трещин составляет 13,28 %.

Выводы:

Прогиб перекрытия от опалубочных работ в рамках строительных допусков увеличивает нагрузки на конструкции, что в свою очередь негативно сказывается на несущей способности перекрытия. Для рассмотренного примера увеличение изгибающих моментов выявлено в пределах до 13,3 %.

В рамках выполненных расчетов стоит сделать вывод о необходимости контроля толщины перекрытия не реже чем через 1.5 метра (1/4). Помимо выполнения измерения толщины перекрытия, выполняемые зондажами перекрытия, следует рассматривать способы 3х мерного сканирования конструкций с получения наиболее полной картины деформаций и геометрии конструкций.

Наиболее рациональный метод вывешивания 6-метровых перекрытий для разгрузки, при подготовке перед усилением внешним армированием конструкций перекрытий с двумя домкратами в 2ух точках пролёта.

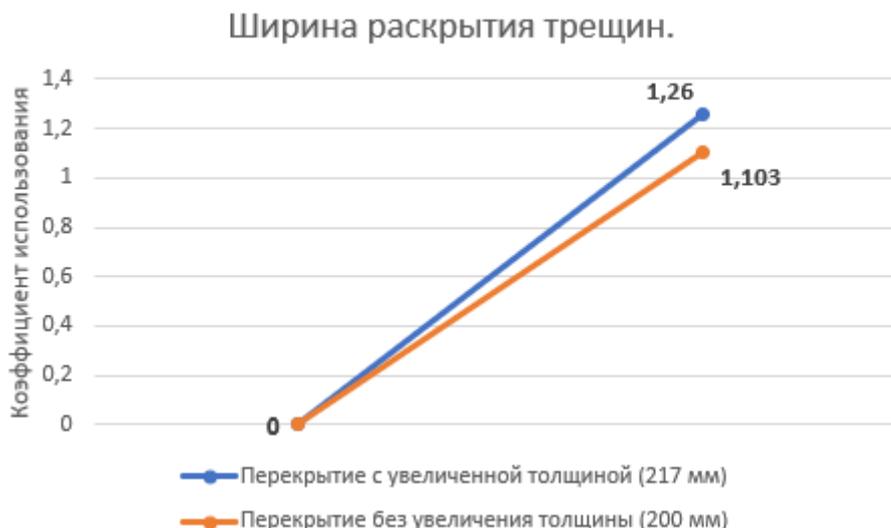


Рис. 6. Коэффициент использования по ширине раскрытия трещин (длительная)

Литература:

1. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»
2. СП 63.133330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции»
3. СП 430.1325800.2018 «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования».
4. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»
5. ГОСТ Р 54257–2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования»
6. ГОСТ 34329–2017 «Опалубка. Общие технические условия»
7. Д. А. Панфилов диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: «Совершенствование методики определения прогибов изгибаемых железобетонных конструкций с учетом трещинообразования»
8. Т. В. Яшина, А. А. Алексеева «Опалубочные работы при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций». Гомель 2018 г., 107 с.
9. С. М. Анпилов «Опалубочные системы для монолитного строительства». Издательство «Ассоциации строительных вузов», Москва 2005 г., 278 с.
10. О. М. Шмит «Опалубки для монолитного бетона» перевод с немецкого Л. М. Айнгорн. Стройиздат Москва 1987 г., 156 с.

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 19 (414) / 2022

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова  
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова  
Художник Е. А. Шишков  
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.  
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.  
Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Номер подписан в печать 25.05.2022. Дата выхода в свет: 01.06.2022.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.