

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



18 2020
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 18 (308) / 2020

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук
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
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
Жураев Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук (Узбекистан)
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
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
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
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук
Султанова Дилшода Намозовна, кандидат 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)
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)
Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (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)
Рахмонов Азиз Боситович, доктор философии (PhD) по педагогическим наукам (Узбекистан)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
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)

На обложке изображен *Алан Тьюринг* (персонаж фильма «Игра в имитацию», роль которого сыграл актер Бенедикт Камбербэтч), английский математик, логик, криптограф, оказавший существенное влияние на развитие информатики.

«Игра в имитацию» (англ. *The Imitation Game*) — историческая драма о криптографе военного времени Алане Тьюринге, который взломал код немецкой шифровальной машины «Энигма» во время Второй мировой войны и позже был привлечен к уголовной ответственности по обвинениям в совершении «грубой непристойности» в соответствии с «поправкой Лабушера». Это первая англоязычная работа норвежского режиссера Мортена Тильдума по сценарию Грэма Мура, основанная на биографической книге «Алан Тьюринг: Энигма» Эндрю Ходжеса.

Несколько интересных фактов о создании фильма:

— Машина для дешифровки «Энигмы», показанная в фильме, была сделана по копии оригинальной машины, построенной Тьюрингом и ныне расположенной в музее в Блетчли-Парк. Художник-постановщик Мария Джуркович, однако, призналась, что эта машина специально была сделана больших размеров, чем на самом деле, и с более открытыми внутренними механизмами, чтобы она эффективнее смотрелась в фильме.

— К выходу фильма в США газета *The New York Times* напечатала оригинальный кроссворд, который *The Daily Telegraph* использовала в 1942 году для набора дешифровщиков для работы в Блетчли-Парк в период Второй мировой войны. Решившие этот кроссворд могли отправить в редакцию газеты свои результаты, чтобы получить шанс выиграть поездку в Лондон на двоих и экскурсию по знаменитому особняку Блетчли-Парк.

— Алекс Лоутер, который сыграл молодого Тьюринга, и Бенедикт Камбербэтч — оба носили в фильме зубные протезы, которые являлись точной копией оригинальных вставных зубов Алана Тьюринга.

— В фильме Алан Тьюринг бегаёт в различных сценах, однако при этом не упоминается, что он действительно активно занимался бегом, выступал на соревнованиях и показывал результаты мирового уровня.

— Журнал *Time* поместил Бенедикта Камбербэтча с его ролью Алана Тьюринга на первое место в списке «Лучшая актерская игра» за 2014 год.

— С персонажа Марка Стронга, Стюарта Мензиса, был списан босс Джеймса Бонда — «М».

— Грэм Мур хотел написать сценарий к фильму об Алане Тьюринге с 14 лет, когда он стал помешанным на информатике.

— Первоначально на главную роль в фильме рассматривали кандидатуру Леонардо ДиКаприо, а к разработке проекта привлекались различные режиссеры, в том числе Рон Ховард и Дж. Блэйксон.

— Костюм с синей полоской, который носит Марк Стронг на протяжении всего фильма, является подлинным костюмом из 1940-х. Он был выбран специально, чтобы выделить его персонаж среди подчиненных и придать ему вид босса мафии.

— 10 ноября 2014 года воссозданная кинематографистами электронно-механическая машина для расшифровки кода «Энигмы» была отправлена на выставку в Блетчли-Парк в Великобритании. Также на этой выставке представлена одежда, которую носили актеры, и использованный при создании фильма реквизит.

— Племянница Тьюринга, Ина Пейн, согласилась с тем, что Бенедикт Камбербэтч очень хорошо подошел на роль Алана Тьюринга, но при этом была не согласна с выбором Киры Найтли на роль Джоан Кларк, заявив, что реальная Джоан была «довольно простой».

— Настоящее название электронно-механической машины для расшифровки кода «Энигмы» — *Bombe*.

— Кое-кто утверждает, что Бенедикт Камбербэтч и Алан Тьюринг на самом деле являются дальними родственниками. Однако сам актер никак эти слухи не подтверждает: «Если углубиться в прошлое, то окажется, что Англия — маленькая деревня, в которой все друг друга знают. Могу только сказать, что таким родством я бы гордился».

— Картина была удостоена крайне высоких оценок мировой кинопрессы. Национальный совет кинокритиков США и Американский институт киноискусства включили «Игру в имитацию» в топ-10 фильмов 2014 года, а сценарист Грэм Мур стал лауреатом премии «Оскар» в номинации «Лучший адаптированный сценарий».

Екатерина Осянина, ответственный редактор

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- Василевская Е. В., Пелешок И. А., Сеитова А. Р.,
Кащеева О. А.**
Применение методов теории кооперативных игр
в генетике..... 1

ФИЗИКА

- Gulomov J., Madaminova I., Aslonov N.,
Dehqonboyev O., Azimov S.**
Mathematical analyze of optical properties
of solar cells..... 6

ХИМИЯ

- Киселёв О. Ю., Зотов Ю. Л.**
Увеличение мощности установки получения
жидкого хлорпарафина марки ХП-30 9

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Алдабаев И. А.**
Использование GTM и таблиц мобильной
аналитики для отслеживания действий
пользователя в процессе оформления карты на
веб-сайте.....11
- Амангелды Т. Т.**
Разработка программного приложения
эксергетического метода анализа
теплоэнергоцентрали13
- Архипов И. С.**
Внедрение автоматизированной системы для
мониторинга сети на предприятии ТЭК.....16
- Демьяненко А. И., Жакашева А. Д.**
Общие вопросы выбора и применения
протоколов связи системы «Умный дом»19
- Жумай Н., Молдаш А. Б.**
Методы защиты информации на основе ее
визуализации21

Савчук И. В.

- Особенности тестирования производительности
финансовых приложений, предназначенных для
исполнения бюджета и управления бюджетным
процессом в субъектах РФ и муниципальных
образованиях24

Филимонов Д. Н., Савина О. А.

- Планирование задач и ресурсов
в распределённых системах.....25

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Гасанов И. Р., Джамалбеков М. А.

- Приток жидкости к произвольному числу (n)
скважин в пласте с удаленным контуром
питания с учетом влияния начального градиента
давления28

Кошекбай М. К.

- Проведение оценки состояния силового
трансформатора по результатам технического
диагностирования.....30

Ларионов Р. Е., Масленников О. О.

- Исследование по усовершенствованию
технологии производства слитков тантала
методом вакуумно-дуговой плавки32

Мавлянов А. А.

- Использование устройств релейной защиты
и автоматики в защите сетей 6–10 кВ.....35

Ольшевский В. А.

- Адаптирование типовой системы управления
охраной труда38

Шаронин Н. М.

- Характер образования пластических деформаций
в толстых железобетонных балках.....39

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Злепко А. Ю.

- Определение прочности сцепления стальной
проволочной фибры с цементным камнем53

Кавардаков В. Н.

- Современные технологии и механизация
строительных штукатурных работ57

Карабутов М. С.

Численное определение предельно допустимой несимметричной нагрузки на свод-арку из гофрированного U-образного тонкостенного профиля60

Кулагин Д. С., Комаров А. К.

Современные методы и направления использования «сухих» технологий при производстве отделочных работ64

Ластовецкая И. Ю.

Композитные балки Deltabeam®72

Пермякова А. Ю.

Разработка оптимальных конструктивных решений легких металлических каркасов одноэтажных однопролетных и многопролетных зданий.....75

Пермякова А. Ю.

Разработка, анализ и оптимизация узловых соединений металлического каркаса одноэтажного однопролетного здания.....80

МАТЕМАТИКА

Применение методов теории кооперативных игр в генетике

Василевская Елизавета Викторовна, студент;
Пелешок Иван Александрович, студент;
Сеитова Алина Руслановна, студент;
Кашеева Ольга Александровна, студент
Санкт-Петербургский государственный университет

Анализ данных генной экспрессии требует подходящих инструментов для хранения и использования, соответствующих объему данных; одной из последних и полезных технологий является технология микрочипов, которые позволяют хранить данные в единой матрице. В настоящее время данная технология может генерировать огромное количество информации о генной экспрессии. Эта информация должна быть статистически обработана и проанализирована для выявления тех генов, которые полезны для диагностики и прогноза конкретных заболеваний. Мы рассмотрим возможность применения игровых теоретических инструментов для анализа данных экспрессии генов, аксиоматически охарактеризуем эти инструменты, используя свойства с генетической интерпретацией.

Ключевые слова: коалиционная игра, значение Шепли, Индекс Банзафа, MSC-вектор, CGM-вектор, метод равных доходов, экспрессия гена, патогенез.

Как известно, белки являются структурными составляющими клеток и тканей и могут действовать при необходимости как ферменты для реакций в биологических системах. Большинство генов содержат информацию для изготовления конкретного белка. Она кодируется в генах с помощью дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). С помощью технологии микрочипов можно выяснить роль отдельных генов или групп генов в появлении болезни. В практическом отношении применение микрочипов уже сегодня позволяет решать следующие задачи:

- точная постановка диагноза и выявление новых подтипов заболевания
- прогнозирование течения болезни и клинического исхода, выявление генов, вовлеченных в патогенез онкогематологических заболеваний
- разработка и создание более простых и дешевых диагностических тестов, в том числе и на основе технологии микрочипов (микрочипы, содержащие пробы на десятки или сотни генов вместо десятков и сотен тысяч).

В статье [3] V. Fragnelli и S. Moretti рассматривают игру с генами для классификации образцов в определенные классы (например, класс образцов из нормальных тканей и из тканей больных раком). В некоторых численных примерах авторы используют вектор Шепли для вычисления генов с высоким влиянием в вычислении образцов.

В статье [4] дана аксиоматическая характеристика значения Шепли с помощью пяти свойств, подходящих для генетической интерпретации этого индекса.

Математическая постановка

Пусть $G = \{1, 2, \dots, n\}$ набор из n генов, $S_R = \{1, 2, \dots, r\}$ множество образцов клеток из здоровых тканей, и $S_D = \{1, 2, \dots, d\}$ множество образцов из тканей, представляющих интерес. Цель состоит в том, чтобы сопоставить каждому образцу $j \in S_D \cup S_R$ профайл экспрессии $(a_{ij})_i \in G$. Набор данных представлен в форме двух матриц экспрессии: $A^{S_R} = A^j, j \in S_R$ и $A^{S_D} = A^j, j \in S_D$ (где индекс представляет столбец, являющийся профайлом экспрессии образца j).

Характеристическая функция будет вычисляться по формуле: $v(T) = \frac{|Q(T)|}{|S_D|}$, где $|S_D|$ -мощность множества больших образцов, а $|Q(T)|$ - мощность множества: $Q(T) = \{k \in S_D | Sp(B^{E,m}(k)) \in T, Sp(B^{E,m}(k)) \neq \emptyset\}$.

Вектор $B^j = (b_{ij})_{i \in G}$, где b_{ij} - значение булевой переменной (0 или 1), будем называть аномальным профайлом экспрессии. В виде отображения m выразим дискриминантный метод. Существуют различные дискриминантные методы. Например, наивный метод: где 1- аномально, 0- нормально выраженный ген:

$$m(A^{S_D}, A^{S_R})_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } A_{ij}^{S_D} \geq \max_{h \in S_R} A_{ih}^{S_R} \text{ или } A_{ij}^{S_D} \leq \min_{h \in S_R} A_{ih}^{S_R} \\ 0, \text{иначе} \end{cases}$$

Также можно воспользоваться более консервативным методом. Для каждого $i \in S_R$ выполняется:

$$m(A^{S_D}, A^{S_R})_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } A_{ij}^{S_D} \leq p_i^{25\%} \text{ или } A_{ij}^{S_D} \geq p_i^{75\%} \\ 0, \text{иначе} \end{cases}$$

Где $p_i^{25\%}$ и $p_i^{75\%}$ являются 25-ым и 75-ым перцентилями распределения экспрессии гена i в соответствующей матрице экспрессии A^{S_R} для каждого $i \in N$.

Возможные методы решения

В настоящее время для данной задачи существует несколько возможных методов решения: вектор Шепли, индекс Банзафа, MSC-вектор, CGM-вектор, метод равных доходов. Рассмотрим каждый из них.

Одно из самых популярных решений — вектор Шепли.

Для подсчета вектора необходимо ввести понятие личного вклада каждого гена в образование генотипа, определяемого формулой: $m(v, S) = v(S) - v(S \setminus \{i\})$.

Полученные нами данные позволяют ввести вектор Шепли:

$$\varphi_i(v) = \sum_{S \in N: i \in S} \frac{(s-1)!(n-1)!}{n!} m_i(v, S), \text{ где } i \in N, s = |S|, n = |N|.$$

Другое решение кооперативной игры — индекс Банзафа:

$$\beta_i(v) = \sum_{S \in N: i \in S} \frac{1}{2^{n-1}} m_i(v, S), \text{ для каждого } i \in N.$$

MSC-вектор [5] — принцип оптимальности, определяющий выигрыш игрока по следующей формуле:

$$MSC_i = \xi_i^0 + \alpha_i^{MSC} (v(N) - \sum_{j \in N} \xi_j^0).$$

$$\alpha_i^{MSC} = \frac{\sum_{S \in N \setminus \{i\}} (v(S \cup \{i\}) - v(S))}{\sum_{j \in N} \sum_{S \in N \setminus \{j\}} (v(S \cup \{j\}) - v(S))} \text{ и } \xi_i^0 : \max(\sum_{i=1}^n \xi_i), \sum_{i \in S} \xi_i \leq v(S), \forall S \neq N.$$

CGM-вектор [6] — принцип оптимальности, основанный на g - значении игры и вычисленный по формуле:

$$CGM_i = m_i + w_i + g(N),$$

$$m_i = v(N) - v(N \setminus \{j\}), g(S) = v(S) - \sum_{j \in S} m_j, w_i = \frac{W_i}{\sum_{j \in N} W_j}, W_i = \operatorname{argmin}_{S: i \in S} g(S).$$

Метод равных доходов [7]- вектор, который обеспечивает как можно более высокую относительную прибыль среди игроков:

$$EPM_i = x_i :$$

$$\min f : f \geq \frac{x_i}{v(\{i\})} - \frac{x_j}{v(\{j\})}, \forall (i, j), \sum_{i \in N} x_i = v(N), \sum_{i \in S} x_i \leq v(S), \forall S \neq N.$$

Аксиоматическая характеристика возможных методов решения с помощью свойств, подходящих для генетической интерпретации

Для того чтобы охарактеризовать решения с помощью свойств с генетической интерпретацией, определение партнерства генов играет основную роль.

Определение 1. Пусть $v \in M^N$. Коалиция $S \in 2^N \setminus \{\emptyset\}$ такой, что для каждого $T \subsetneq S$ и каждого $R \subseteq N \setminus S: v(R \cup T) = v(R)$ — это партнерство генов в игре микроматрицы v .

Значение $v(S)$ партнерства генов S -максимальное среднее количество появлений опухоли. Пусть $v \in M$. Максимальное партнерство $S \in 2^N \setminus \{\emptyset\}$ в v является максимальным подмножеством N с возможностью быть партнерством в v .

Обозначим через $P(v)$ множество всех максимальных партнерств в v . Отметим, что из определения 1 следует, что все коалиции одного игрока являются партнерствами в v . Набор максимальных партнерств в v образует разделение N . Здесь мы рассмотрим некоторые интересные свойства для решений игр с микрочипами, которые связаны с концепцией партнерства генов. Пусть $F: M^N \rightarrow \mathbb{R}^N$ — решение на классе игр с микрочипами.

Свойство 1. Пусть $(N, v) \in M^N$. Решение F имеет Рациональность Партнерства (Partnership Rationality), если $\sum_{i \in S} F_i(v) \geq v(S)$ для каждого $S \in 2^N \setminus \{\emptyset\}$ такого, что S является партнерством генов в игре (N, v) .

Свойство 2. Пусть $(N, v) \in M^N$. Решение F обладает свойством вероятности партнерства (Partnership Feasibility), если $\sum_{i \in S} F_i(v) \leq v(N)$ для каждого такого $S \in 2^N \setminus \{\emptyset\}$, что S является партнерством генов в игре (N, v) .

Свойство 3. Пусть $(N, v) \in M^N$. Решение F обладает свойством монотонности партнерства (Partnership Monotonicity), если $F_i(v) \geq F_j(v)$ для каждого $i \in S$ и каждого $j \in T$, где $S, T \in 2^N \setminus \{\emptyset\}$ партнерства генов в (N, v) , такой, что $S \cap T = \emptyset$, $v(S) = v(T)$, $v(S \cup T) = v(N)$, $|S| \leq |T|$.

Свойство 4. Пусть $v_1, \dots, v_r \in M^N$. Решение F обладает свойством равного деления (Equal Splitting), если

$$F\left(\frac{\sum_{i=1}^r v_i}{r}\right) = \frac{\sum_{i=1}^r F(v_i)}{r}.$$

Определение 2. Нулевым геном игры (N, v) будем называть ген $i \in N$ такой что $v(S \cup i) = v(S)$ для каждой коалиции $S \subseteq N \setminus \{i\}$

Свойство 5. Пусть $v, w \in M^N$. Решение F , удовлетворяет свойству нулевого игрока (Null Player), если для каждого нулевого игрока $i \in N$: $F_i(v) = 0$.

В статье [8] представлено доказательство утверждения, что значение Шепли удовлетворяет свойствам PM, PR, PF. В этой же статье можно найти доказательство следующей теоремы:

Теорема 1. Пусть дано конечное множество N . Значение Шепли на классе M^N игр с микрочипами — это уникальный индекс релевантности, который удовлетворяет PR, PF, PM, ES и NP.

Таким образом, можем сделать вывод, что кооперативная теория игр может применяться для микрочиповых игр, например вектор Шепли и индекс Банзафа.

Далее было проверено, удовлетворяют ли MSC-вектор, CGM-вектор и метод равных доходов свойствам PR, PF, PM, ES и NP.

Рассмотрим MSC-вектор.

А) Для каждого $S \in 2^N \setminus \emptyset$, S - максимальное партнерство по v . Так как v - монотонна и MSC- вектор находится в S - ядре, то справедлива запись: $\sum_{i \in S} MSC_i(v) \geq v(S) \geq 0$.

Так как MSC-вектор является одноточечным, то это решение эффективно. А из этого следует: $\sum_{i \in N} MSC_i(v) = v(N)$ и $\sum_{i \in S} MSC_i(v) \leq v(N)$, значит, аксиома PF выполняется.

Б) Исходя из того, что это вектор, можем умножить на скаляр. Из чего следует однородность, а значит, справедлива запись: $MSC\left(\frac{\sum_{i=1}^r v_i}{r}\right) = \frac{\sum_{i=1}^r MSC(v_i)}{r}$. Для MSC-вектора свойство ES выполняется.

В) Для доказательства удовлетворения MSC- вектора аксиоме PR, вспомним, что v - монотонна и MSC-вектор принадлежит S -ядру, а значит, верна запись: $\sum_{i \in S} MSC_i(v) \geq v(S) \geq 0$. Таким образом, для MSC- вектора выполняется аксиома PR.

Г) Теперь рассмотрим, выполняется ли для MSC-вектора аксиома болвана: пусть вклад i -ого игрока в коалицию: $v(\{i\}) = 0$, то есть $MSC_i = 0$. $\sum_{S \subset N \setminus \{i\}} (v(S \cup \{i\}) - v(S)) = \sum_{S \subset N \setminus \{i\}} (v(S) - v(S)) = 0$.

$$MSC_i = \xi_i^0 + \alpha_i^{msc} (v(N) - \sum_{j \in N} \xi_j^0), \text{ так как } \alpha_i^{msc} = 0, \text{ то справедливо: } MSC_i = \xi_i^0.$$

По условию индивидуальной рациональности: $\xi_i \geq v(\{i\})$. О равенстве ξ_i^0 нулю однозначно сложно сказать. Было проведено исследование свойств одноточечных решений и их применения для исследований. Вектор MSC в общем случае не удовлетворяет аксиоме NP. Записав условия на компоненты вектора X : $\xi_i \geq v(\{i\})$ и $\sum_{i \in N} \xi_i = v(N)$, можно сделать вывод, что данный вектор будет удовлетворять аксиоме NP, в том случае, если $v(N) = 0$.

Рассмотрим метод равных доходов: $EPM_i = x_i$.

А) Пусть вклад i -ого игрока в коалицию: $v(\{i\})=0$, то есть $EPM_i=0$. Это возможно, при $x_i=0$. Условие коалиционной рациональности: $\sum_{i \in N} x_i = v(N)$. Таким образом, метод равных доходов удовлетворяет условию NP, при $v(N)=0$.

Б) Так как v - монотонна и EPM находится в C-ядре, то верно: $\sum_{i \in S} EPM_i(v) \geq v(S) \geq 0$.

Данное решение является вектором, а значит одноточечно. Из всего перечисленного следует эффективность: $\sum_{i \in N} EPM_i(v) = v(N)$ и $\sum_{i \in S} EPM_i(v) \leq v(N)$.

Следовательно, аксиома PF выполняется для метода равных доходов.

В) Для доказательства удовлетворения метода равных доходов аксиоме PR, вспомним, что v - монотонна и данное решение принадлежит C-ядру, а значит, верна запись: $\sum_{i \in S} EPM_i(v) \geq v(S) \geq 0$. Таким образом, для EPM выполняется аксиома PR.

Г) Исходя из того, что это вектор, можем умножить на скаляр. Из чего следует однородность, а значит, справедлива запись: $EPM\left(\frac{\sum_{i=1}^r v_i}{r}\right) = \frac{\sum_{i=1}^r EPM(v_i)}{r}$. Для EPM свойство ES выполняется.

Рассмотрим CGM- вектор: $CGM_i = m_i + w_i + g(N)$.

А) Так как это вектор, можем умножить на скаляр, следовательно, данное решение удовлетворяет свойству однородности, а значит, справедлива запись: $CGM\left(\frac{\sum_{i=1}^r v_i}{r}\right) = \frac{\sum_{i=1}^r CGM(v_i)}{r}$. Для CGM свойство ES выполняется.

Б) Рассмотрим CGM-вектор. Для каждого $S \in 2^N \setminus \emptyset$, S - максимальное партнерство по v . Так как v - монотонна и CGM-вектор находится в C- ядре, то справедлива запись: $\sum_{i \in S} CGM_i(v) \geq v(S) \geq 0$. Так как CGM-вектор является одноточечным, то это решение эффективно. А из этого следует $\sum_{i \in N} CGM_i(v) = v(N)$ и $\sum_{i \in S} CGM_i(v) \leq v(N)$, значит, аксиома PF выполняется.

В) Для доказательства удовлетворения CGM- вектора аксиоме PR, вспомним, что v - монотонна и CGM-вектор принадлежит C-ядру, а значит, верна запись: $\sum_{i \in S} CGM_i(v) \geq v(S) \geq 0$. Таким образом, для CGM- вектора выполняется аксиома PR.

Г) Теперь рассмотрим, выполняется ли для CGM-вектора аксиома болвана: пусть вклад i -ого игрока в коалицию: $v(\{i\})=0$, то есть $CGM_i=0$.

$CGM_i = m_i + w_i + g(N)$, так как $m_i = 0$, то справедливо: $CGM_i = w_i + g(N)$.

То есть для того, чтобы CGM- вектор удовлетворял аксиоме болвана должно выполняться: $W_i = -g(N)$ или $\begin{cases} W_i = 0 \\ g(N) = 0 \end{cases}$

Выводы

Проведённые исследования показали, что значение Шепли на классе MN игр с микрочипами — это уникальный индекс релевантности, который удовлетворяет PR, PF, PM, ES и NP. Таким образом, можем сделать вывод, что кооперативная теория игр может применяться для микрочиповых игр, например вектор Шепли и индекс Банзафа. Другие приведенные методы MSC-вектор, CGM-вектор и метод равных доходов в общем случае не удовлетворяют свойствам PR, PF, PM, ES и NP. Также в данной работе представлены условия, при выполнении которых вышеупомянутые методы можно реализовывать для задач генетики.

Заключение

В данной работе были рассмотрены различные методы теории игр и аксиоматическая характеристика возможных методов решения с помощью свойств, подходящих для генетической интерпретации. Было проведено исследование свойств одноточечных решений, а именно подробное изучение факта удовлетворения свойствам, обеспечивающим возможность применения в генетике.

Литература:

1. статья Gupta S., Manubhai K.P., Kulkarni V., Srivastava S. An overview of innovations and industrial solutions in Protein Microarray Technology // Proteomics. 2016. 16:1297–1308.

2. Moretti, S., Vasilakos, Athanasios V. «An overview of recent applications of Game Theory to bioinformatics».
3. «A game theoretical approach to the classification problem in gene expression data analysis» V. Fragnelli и S. Moretti.
4. Stefano Moretti, Fioravante Patrone, Stefano Bonassi. 'The class of microarray games and the relevance index for genes'.
5. Jaeger J, Spang R, 2006.
6. Smyth, G. K., Yang, Y.—H., Speed, T. P. «Statistical issues in cDNA microarray data analysis»
7. Dhammika Amaratunga & Javier Cabrera «Exploration and Analysis of DNA Microarray and Protein Array Data».
8. «A game theoretical approach to the classification problem in gene expression data analysis» V. Fragnelli и S. Moretti.

ФИЗИКА

Mathematical analyze of optical properties of solar cells

Gulomov Jasurbek, student;
Madaminova Irodakhon, student;
Aslonov Hayrullo, student;
Dehqonboyev Odilbek, student;
Andijan state university (Uzbekistan)

Azimov Sarvar, student
Andijan machine building institute (Uzbekistan)

In this article, describe analyzing optical properties of solar cells with mathematical approaches and using transfer matrix method and its advantages.

Key words: transfer, matrix, absorption, reflection, transmission

We theoretically analyze the reflection, absorption, and transmission coefficients of solar cells with an anti-reflective layer. The phenomena of light at the boundary of the environment are

mainly determined by Fresnel laws. But what if it's in multiple layers, not on the border? How is it determined then? We use the transfer matrix method to do this.

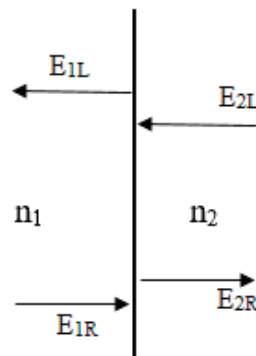


Fig. 1. Electric field on surface

Here:

E_{1R} , E_{2R} are the electric field strengths to the right.

E_{1L} , E_{2L} are the electric field strengths to the left.

$$\begin{cases} E_{2R} = t_{1,2}E_{1R} + r_{2,1}E_{2L} \\ E_{1L} = r_{1,2}E_{1R} + t_{2,1}E_{2L} \end{cases} \quad (2)$$

We express that the electric field entering the surface by exiting the surface.

$t_{1,2}$ and $r_{1,2}$ are the transmission and reflection coefficients from medium 1 to medium 2. $t_{2,1}$ and $r_{2,1}$ are the transmission and reflection coefficients from medium 2 to medium 1.

We can determine these by Fresnel equations. The relationship between them is given in formulas 3 and 4. Due to the wave nature of light, electric and magnetic fields oscillate in a perpendicular plane and are classified relative to each other. This means that they are equal. To determine the properties of light in the mediums, we mainly use the electric field [1].

$$r_{1,2} = -r_{2,1} \quad (3)$$

$$r_{1,2}^2 + t_{1,2}t_{2,1} = 1 \quad (4)$$

Now, if we add formulas 3 and 4 to formula 2, we get a connection between the 1st and 2nd mediums.

$$\begin{cases} E_{1R} = \frac{1}{t_{1,2}} E_{2R} + \frac{r_{1,2}}{t_{1,2}} E_{2L} \\ E_{1L} = \frac{r_{1,2}}{t_{1,2}} E_{2R} + \frac{1}{t_{1,2}} E_{2L} \end{cases} \quad (5)$$

$$D_{1,2} \equiv \frac{1}{t_{1,2}} \begin{pmatrix} 1 & r_{1,2} \\ r_{1,2} & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} E_{1R} \\ E_{1L} \end{bmatrix} = \frac{1}{t_{1,2}} \begin{pmatrix} 1 & r_{1,2} \\ r_{1,2} & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} E_{2R} \\ E_{2L} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$D_{1,2}$ is called the transmission matrix. From this matrix we can express the change in the electric field at the boundary between the two media.

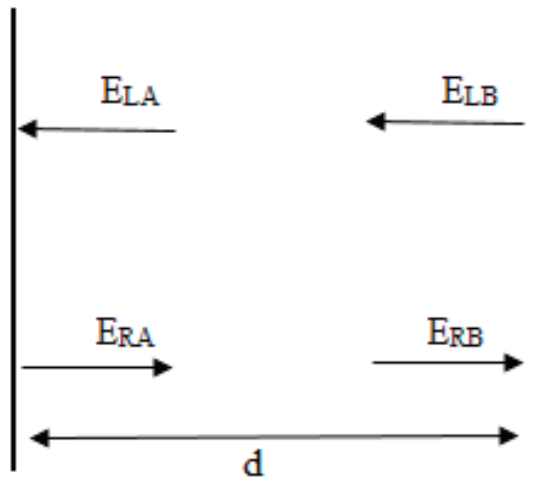


Fig. 2. Electric field at both ends of the medium

We know that electromagnetic waves are absorbed in the medium. In this way, we can find the relationship between the electric field at one end of the medium and the electric field at the other end [2].

$$\begin{cases} E_{RA} = e^{ikd} E_{RB} \\ E_{LA} = e^{-ikd} E_{LB} \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} E_{RA} \\ E_{LA} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} e^{ikd} & 0 \\ 0 & e^{-ikd} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} E_{RB} \\ E_{LB} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$P \equiv \begin{pmatrix} e^{ikd} & 0 \\ 0 & e^{-ikd} \end{pmatrix} \quad (10)$$

P is the term «propagation» matrix, which refers to the absorption of light into the medium. d is the thickness of the medium. k is the number of light waves in the medium. i is a complex number.

We find the reflection, absorption, and transmission coefficients of a 2-layer system by using the matrix method.

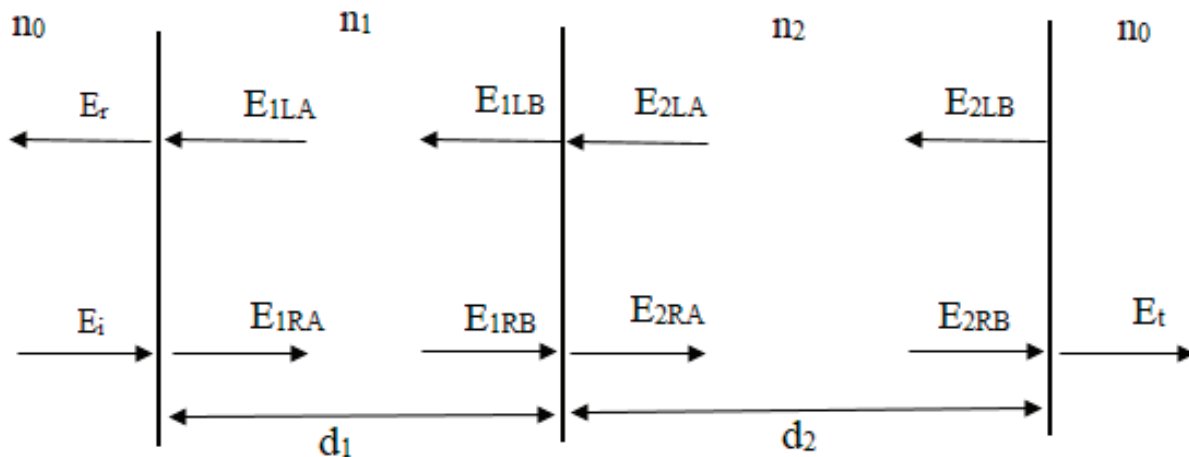


Fig. 3. Electric fields in a 2-layer solar cell

If we use the matrix method.

$$\begin{bmatrix} E_i \\ E_r \end{bmatrix} = D_{0,1} \begin{bmatrix} E_{1RA} \\ E_{1LA} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\begin{bmatrix} E_{1RA} \\ E_{1LA} \end{bmatrix} = P_1 \begin{bmatrix} E_{1RB} \\ E_{1LB} \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} E_{1RA} \\ E_{1LA} \end{bmatrix} = D_{1,2} \begin{bmatrix} E_{2RA} \\ E_{2LA} \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\begin{bmatrix} E_{2RA} \\ E_{2LA} \end{bmatrix} = P_2 \begin{bmatrix} E_{2RB} \\ E_{2LB} \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$\begin{bmatrix} E_{2RA} \\ E_{2LA} \end{bmatrix} = D_{2,3} \begin{bmatrix} E_t \\ 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Here:

E_i is the incident light

E_r is reflected light

E_t is the light that passes through the body

If we substitute the above expressions one by one, we get the connection between the incident light, the reflected light, and the transmitted light.

$$\begin{bmatrix} E_i \\ E_r \end{bmatrix} = D_{0,1} P_1 D_{1,2} P_2 D_{2,3} \begin{bmatrix} E_t \\ 0 \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$M \equiv D_{0,1} P_1 D_{1,2} P_2 D_{2,3} \quad (17)$$

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} \quad (18)$$

M is called the «transfer» matrix.

We know that light is divided into rays parallel to the plane of the screen and perpendicular to it. We have given the above expressions in general, if we want to calculate for parallel or perpendicular polarized rays, then we use the corresponding Fresnel formulas instead of r and t.

$$r_{um} = \frac{m_{21}}{m_{11}} \quad (19)$$

$$t_{um} = \frac{1}{m_{11}} \quad (20)$$

Using this method, we developed a program in C # 6.0 to determine the optical properties of solar cells.

References:

1. A. Mahdjoub and L. Zighed. New designs for graded refractive index antireflection coatings. *Thin Solid Films* 478(1–2) (2005), pp. 299–304.
2. S. A. Kovalenko, «Descartes-Snell law of refraction with absorption», *Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics*, pp. 214–218, 2001.

ХИМИЯ

Увеличение мощности установки получения жидкого хлорпарафина марки ХП-30

Киселёв Олег Юрьевич, студент магистратуры;
 Зотов Юрий Львович, доктор химических наук, профессор
 Волгоградский государственный технический университет

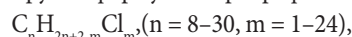
Предлагается увеличение мощности установки получения жидких хлорпарафинов путем разделения стадии синтеза и стабилизации.

Ключевые слова: хлорпарафин, реактор, стабилизация

Мировое производство хлорпарафинов является много-тоннажным. Хлорированные парафины в СНГ производится лишь предприятиями России. В Волгограде их выпускает ОАО «Каустик», в Башкортостане — Стерлитамакское ОАО «Каустик», в Республики Чувашия — Новочебоксарское ОАО «Химпром». Тенденция роста производства хлорпарафинов, отмеченная в последние несколько лет, обоснована стабильностью как на внутрисоссийском рынке, так и спросом в странах СНГ и дальнем зарубежье [3].

В современной химической литературе «хлорпарафинами» называют предельные хлорированные углеводороды нормального строения с различной длиной цепи и степенью хлорирования. Обычно термин «хлорпарафины» применяют к хлорированным углеводородам с длиной цепи более 8-ми углеродным атомов. Иногда, по длине цепи хлорпарафины делят на короткие C_{10-13} , средние C_{14-17} и длинные C_{18-30} .

Брутто-формула хлорпарафинов:



Хлорпарафины используются в качестве вторичного пластификатора в полимерных композициях (кабельные, обувные и др. пластикаты, пленки, пластизолы, линолеум и т.п.), компонента в жирующих композициях в кожевенной промышленности. Хлорпарафины хорошо совмещается с основными пластификаторами на основе фталевой кислоты (ДБФ и ДОФ) и легко вводится в состав ПВХ-композиций, используемых для изготовления «мягких» (кабель, шланг, обувь, пленки, линолеум и др.) и «жестких» (труба, фиттинги) изделий [1].

Получение жидкого хлорпарафина марки ХП-30 является периодическим процессом. Он состоит из следующих стадий: отстаивание от воды, очистка от примесей парафина, хлорирование парафина, отдувка кислый примесей, стабилизация и выгрузка готового продукта [2].

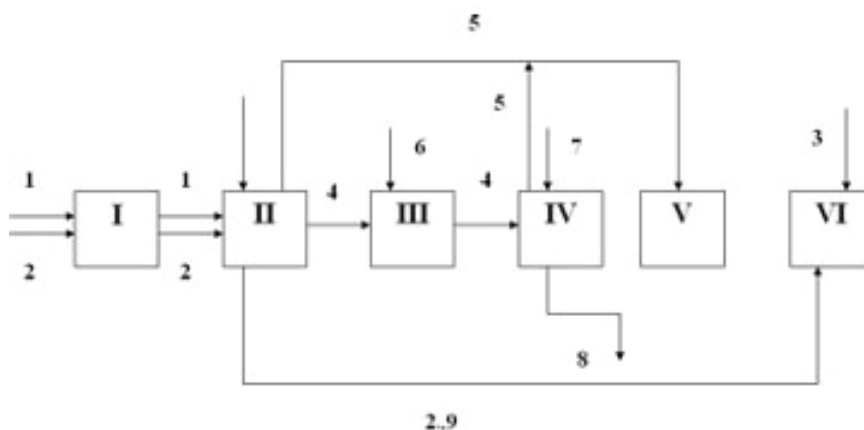


Рис. 1. Структурно — функциональная схема производства ХП — 30: I — стадия подготовки сырья; II — стадия синтеза; III — стадия отдувки кислых примесей; IV — стабилизации и выделения готового продукта; V — отчистка абгазного хлора; VI — санитарная очистка абгазов, 1 — хлор, 2 — парафины, 3 — едкий натр, 4 — хлорпарафин, 5 — абгазный хлор, 6 — азот, 7 — эпоксидно-диановая смола, 8 — готовый продукт, 9 — абгазы

Таблица 1. Сравнение параметров промышленного аналога и нового способа при получении целевого продукта

Параметр процесса	Промышленный аналог	Новый способ
Режим проведения процесса синтеза	Периодический режим	Периодический режим
Число операций в год	660	754
Продолжительность процесса	12ч	10,5ч
Реактор для стабилизации	нет	Реактор емкостной с рубашкой и мешалкой
Давление в реакторе	Не более 0,3 МПа	Не более 0,3 МПа
Температура в реакторе	120–130 °С	120–130 °С
Фазовое состояние системы	Газ-жидкость	Газ-жидкость
Выход продукта	»100%	»100%

Структурно-функциональная схема данного производства представлена на рисунке 1, которая дает общее представление о процессе функционирования химико-технологической системы. На схеме выделены основные стадии, выполняющие определенную технологическую операцию, показаны технологические связи между ними. По схеме можно определить, какие операции совершаются и в какой последовательности.

На действующих производствах стадии хлорирования и стабилизации продукта осуществляют в одном реакторе, что замедляет процесс и уменьшает производительность.

Для повышения эффективности рассматриваемого производства хлорпарафина марки ХП-30 предлагается разделить

эти стадии и внедрить отдельный реактор стабилизации. Так же будет добавлено и вспомогательное оборудование, включающее в себя, насос и фильтр.

В результате анализа способов производства видно, что разделение стадии синтеза и стабилизации сокращает время производства целевого продукта, и тем самым увеличивает производительность.

Проанализировав проведённые расчеты, было выявлено, что в технологическую схему необходимо добавить реактор объемом 6,3 м³ на рассчитанную мощность 2000 тонн в год. Таким образом, модернизация позволит увеличить производительность процесса на 300 тонн в год.

Литература:

3. Хлорпарафин ХП-30 [Электронный ресурс].— Режим доступа: www.kaustik.ru/ru/index.php/produktsiya-i-uslugi/khlororganicheskaya-produktsiya/khlorparafin-khp-30.— Дата доступа: 20.04.2020.
4. Промышленные хлорорганические продукты. Справочник/под ред. Л. А. Ошина.— М.: Химия, 1976.
5. Хлорированные парафины. Обзор производства в СНГ. Электронный журнал «Евразийский химический рынок» <http://www.chemmarket.info>. 2008,12.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Использование GTM и таблиц мобильной аналитики для отслеживания действий пользователя в процессе оформления карты на веб-сайте

Алдабаев Игорь Александрович, магистр
 Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва)

В настоящее время, доля людей, пользующихся кредитными картами, возрастает. Банки стремятся выдать как можно больше карт, с целью получения прибыли от клиента. Стремление это обуславливается тем, что за последние 4 года доля вкладов россиян упала почти в два раза, а доля людей, пользующихся кредитными картами, возрастает. [4, 5]

Для того, чтобы получить карту потенциальному клиенту, её надо оформить.

Основным каналом для оформления кредитной карты является партнерская сеть (Partners). Это могут салоны связи, крупные сетевые магазины, банки и др.

Вторым по количеству оформления заявок, является канал Web. Канал представляет собой веб-интерфейс, через который клиент может оформить карту. Сделать это можно через веб-сайт в десктопной или мобильной версии мобильного банковского приложения.

Также есть канал DSA. Это так называемые, «прямые продажи» или «Direct selling». Этот канал представляет собой продажу товаров или услуг, осуществляемых вне стационарных точек розничной торговли.

Последний по количеству заявок является канал TSL. TSL (или «Tele-selling») — это, в общем смысле, осуществление

продаж по телефону. Для оформления КР это выглядит так: у работников колл-центра есть определённый график и список клиентов, по которому обзванивают клиентов и убеждают их оформить карту.

Оформленная заявка после заполнения отправляется в скоринг-систему банка. На основе информации, представленной в заявке, а также кредитного рейтинга, система выносит решение об одобрении кредитного лимита и соответственно, выдачу карты или отказ. В зависимости от банка, клиент может заново подать заявку на получение кредитной карты.

При оформлении карты через веб-сайт возникают проблема действий пользователя.

Для решения этой проблемы можно использовать ресурсы Google Tag Manager (GTM) и СУБД Vertica.

СУБД Vertica — это система управления базами данных, которая используется для мобильной аналитики. Каждая строка в таблице БД — это действие пользователя или хит.

GTM — это сервис, который позволяет устанавливать теги на действия пользователя и правила их вызова. GTM работает с системой аналитики Google Analytics, но для построения специальных отчетов, а также точности фиксации событий используется СУБД Vertica.

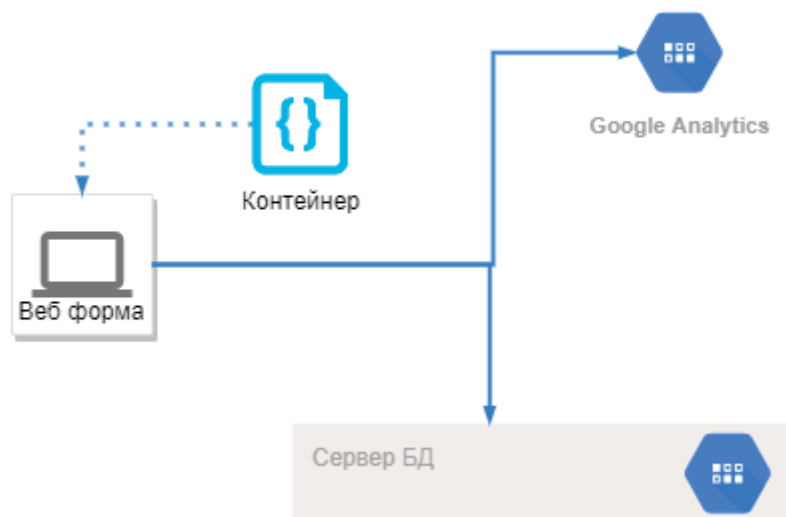


Рис. 1. Схема передачи событий через GTM

Схема передачи событий на сервер БД через GTM показана на рис. 1.

Для передачи информации GA используется контейнер. Контейнер — это главный и единственный фрагмент JavaScript-кода, который вставляется на страницу сайта. Он является тегом, но его функция заключается в том, что он служит контейнером для всех тегов. В этот фрагмент также прописывается сервер БД, куда информация дублируется.

Для настройки отслеживания действий пользователя используются теги и триггеры. Тег — это фрагмент JavaScript-кода,

который вручную настраивается и вставляется на каждую страницу сайта.

Триггер — условие для выполнения или блокировки тега. Триггер должен содержать какое-то событие. Также для триггера есть фильтры, которые можно настроить.

Переменная — параметр, для которого передается значение в процессе работы.

Информацию о взаимодействии пользователя, GTM передают с помощью трех метаданных — категория, действие, ярлык.

Настройка событий для передачи в GTM:

Таблица 1. Пример настройки событий для передачи в GTM.

Тип события	Категория	Действие	Ярлык	Описание
Показ страницы	'undefined'	'undefined'	'undefined'	Отправляется при изменении домена (поддомена)
Пользовательское событие	FormApplication	Tap::<Название поля>	«Название поля»	Отправляется при заполнении поля
Пользовательское событие		Tap:: <Название поля>	«Название поля»	Отправляется при нажатии на кнопку
Пользовательское событие		Tap:: <Название поля>	-	Отправляется при выборе значения на checkbox
Пользовательское событие		Tap:: <Название поля>	-	Отправляется при выборе значения на типе поля выпадающий список
Пользовательское событие		Error::<Имя поля>	Тип ошибки	Отправляется при возникновении ошибки на поле
Пользовательское событие		Error:<Имя шага>	Тип ошибки	Отправляется при возникновении ошибки на шаге формы
Пользовательское событие		Open:: ExternalLink	-	Переход по внешней ссылке

Логiku отправки событий прописывают разработчики на стороне фронтенда.

После настройки отправки событий в БД, можно агрегировать действия пользователей (например, по сеансам), находить стра-

ницы с отказами и изменять узкие места в процессе оформления заявки. Но стоит учитывать, что при изменении полей, удаления, изменения или добавления страниц GTM надо настраивать заново, иначе будет происходить некорректный сбор событий.

Литература:

1. Alistair Croll, B. Y. (2013). Lean Analytics by Alistair Croll and Benjamin Yoskovitz. O'Reilly Media.
2. Vertica Documentation. (б.д.). <https://www.vertica.com/docs/9.2.x/HTML/Content/Home.htm>
3. Джерри Ледфорд, М. Э. (2008). Google Analytics 2.0: анализ веб-сайтов. Диалектика.
4. НАФИ. (25 Декабрь 2018 г.). Россияне стали чаще пользоваться кредитными картами.
5. Федерации, Ц. Б. (2019). Количество платежных карт, эмитированных кредитными организациями, по типам карт. Получено из Центральный Банк Российской Федерации: https://www.cbr.ru/statistics/p_sys/print.aspx?file=sheet013.htm

Разработка программного приложения эксергетического метода анализа теплоэнергоцентрали

Амангелды Тогжан Талгаткызы, магистрант

Научный руководитель: Балабекова Мадина Оразалиевна, кандидат технических наук, доцент
Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауезова (г. Шымкент, Казахстан)

В статье представлена программа, которая позволяет оценивать, основные энергетические и эксергетические характеристики котельной установки.

Ключевые слова: эксергетический метод анализа, теплоэнергоцентрality, энергоблок, программное приложение.

Одним из основных приоритетных направлений развития теплоэнергетики Республики Казахстан является решение проблем энергосбережения, как в промышленности, так и в жилищно-коммунальной сфере [1]. Практическое решение данных проблем возможно при разработке научных основ энергосбережения. Такой подход к энергосбережению включает, прежде всего, термодинамический анализ существующих или проектируемых систем, разработку тепловых схем на его основе, оптимизацию параметров и интенсификацию процессов теплопередачи.

АО «3-Энергоорталық» является поставщиком 70% тепла для отопления города Шымкент, обеспечивает 40% энергопотребления Южно-Казахстанской области Республики Казахстан. На АО «3-Энергоорталы » установлены три барабанных энергетических котла типа ТГМЕ-464 Таганрогского котельного завода. Котлы работают только на газе или мазуте. Установлены два турбогенератора типа ПТ-80-130/13 мощностью 80 МВт/час каждый. На каждой турбине предусмотрено 2 теплофикационных отбора 0,07–0,25 МПа. Этот пар подается на подогреватели типа ПСГ-1300 (I-я ступень нагрева), и пиковые подогреватели ПВС-500 и ПВС-315 (II-я ступень нагрева) общей производительностью 186 Гкал/час. На этих подогревателях производится нагрев сетевой воды, подаваемой для отопления города Шымкент. Основным топливом по проекту является природный газ из газопровода Газли — Ташкент.

Ключевым недостатком существующей технологии выработки пара на данном предприятии является не полная эффективность работы энергоблока (при выработке острого пара расходуется не оправданное большое количество тепловой энергии за счет сгорания газа или мазута в печи котла). В связи с этим, нами предложено программное приложение, которое позволяет выполнить инженерные расчеты на ЭВМ, оценить основные энергетические характеристики котельной установки и выявить потери эксергии в отдельных его элементах. Методика расчета эксергетического метода термодинамического анализа, заложена в работах Я. Шаргута, Р. Петелы, Р. Пинкертонa, В. М. Бродянского, В. В. Кафарова и др.

Опишем основное назначение разработанной программы [2]. Запуск Project1, вызовет на экран следующее окно программы (рис. 1).

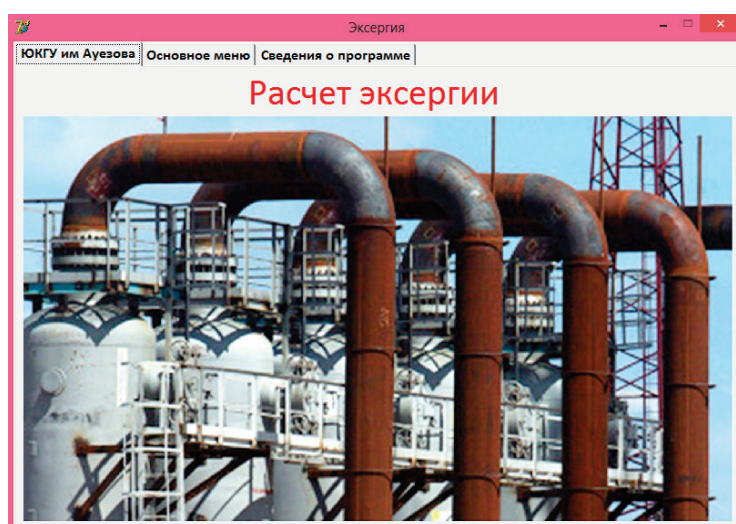


Рис. 1. Основное окно программы «Расчет эксергии»

При открытии Вкладки «Основное меню» можно добавлять, удалять месторождения, менять и редактировать основные расчетные параметры (рис. 2). В программе предусмотрена защита от возможных ошибок в редактировании и в расчете. Для редактирования «Состава топлива» необходимо активизировать данную вкладку ввести значения (при вводе система сама отслеживает правильность формата числа), если сумма компонентов не равна 100, кнопки сохранения и расчета не активны.

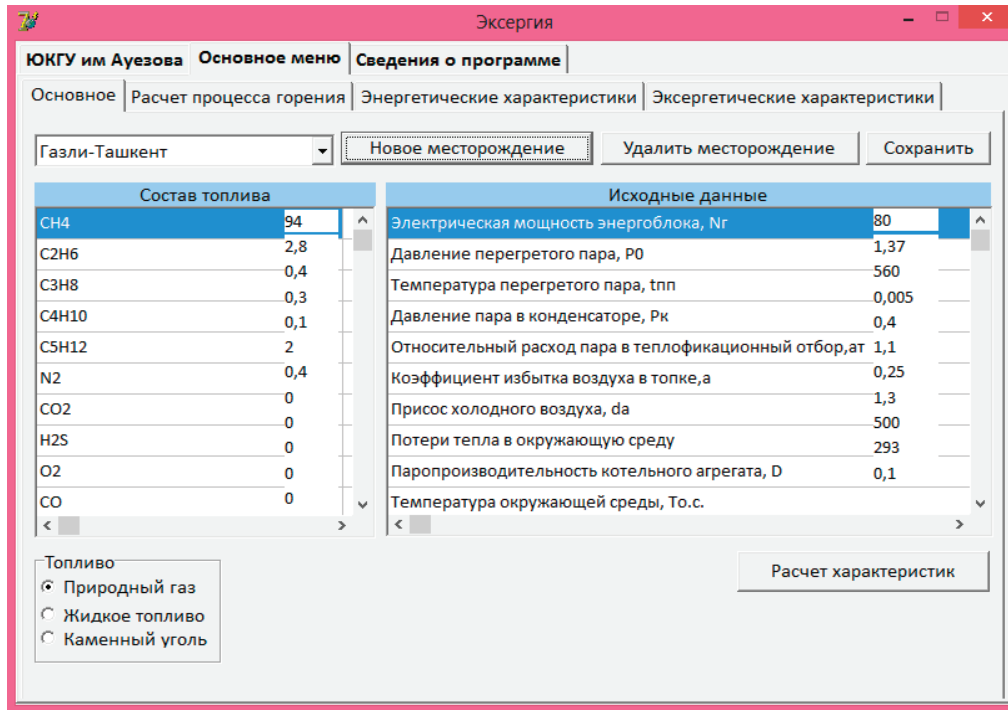


Рис. 2 Вкладка программы «Основное меню»

Далее проводим расчеты процесса горения, энергетических и эксергетических характеристик энергоблока по его основным элементам (котельный агрегат, турбогенератор, конденсатор и т.д).

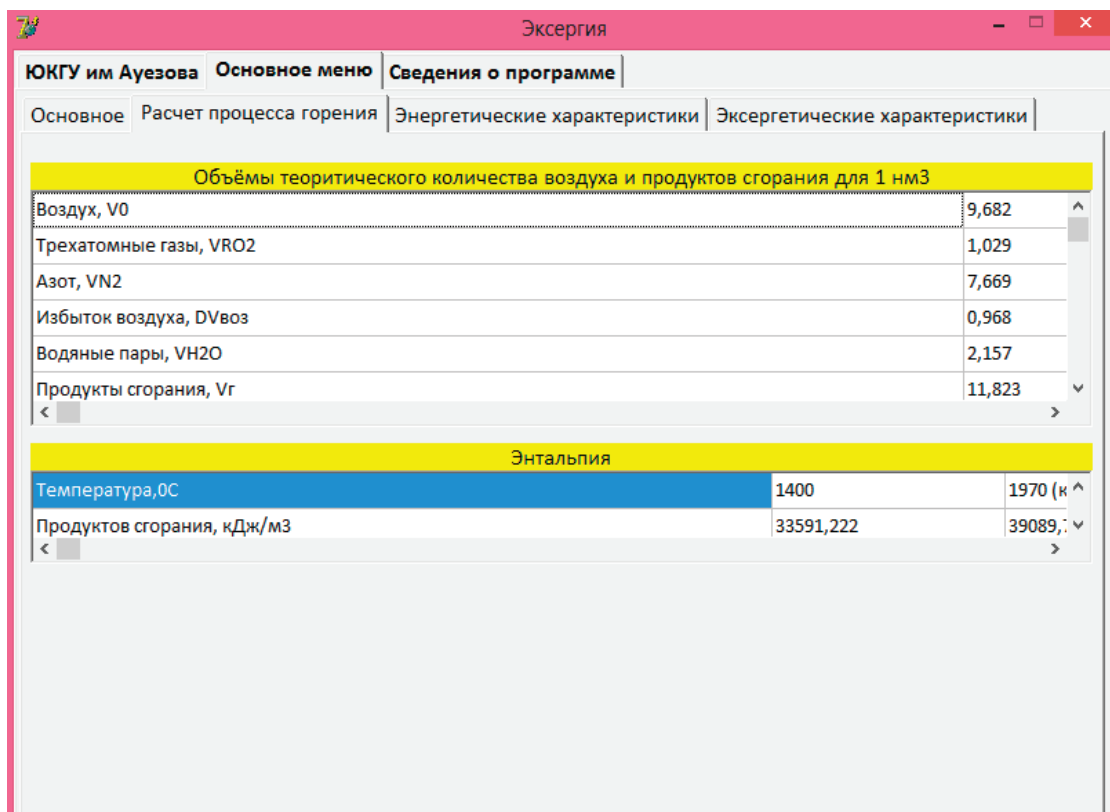


Рис. 3. Окно расчет процесса горения топлива

Цветовая тема каждой закладки выбрана не похожей на соседнюю.

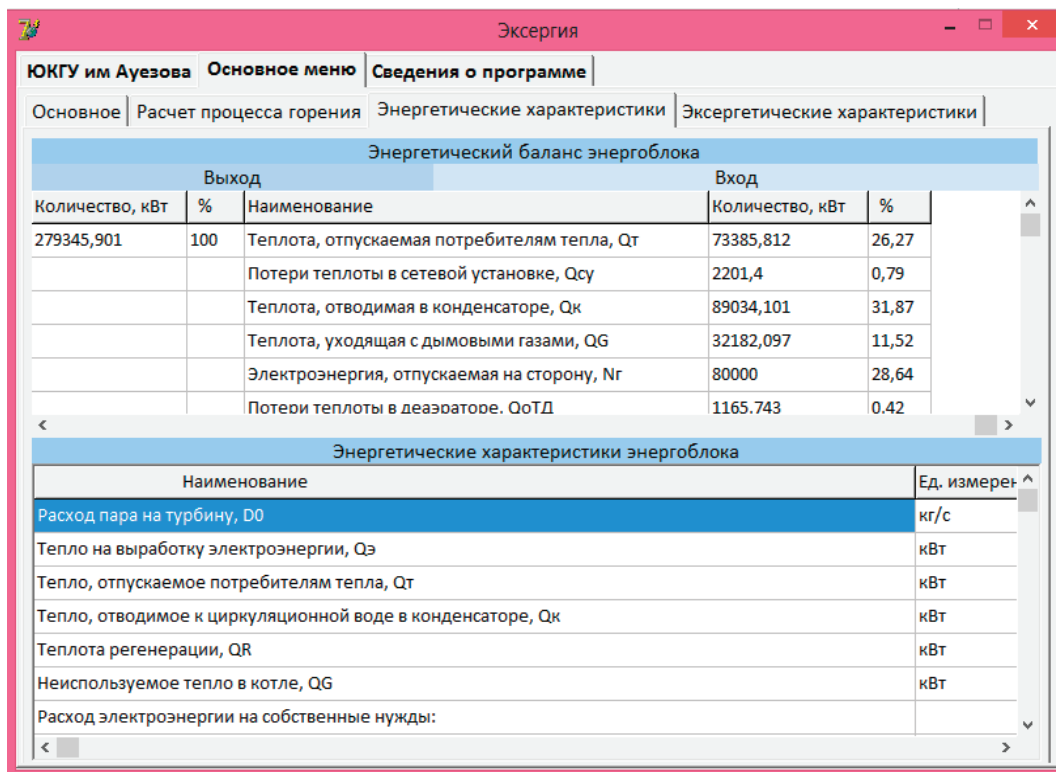


Рис. 4. Окно энергетического баланса и полученных характеристик энергоблока

И последняя вкладка «Сведения о программе» включает основные сведения о программе и об авторах (рис. б). Полученные расчеты для удобства их использования экспортируются в MS Excel.

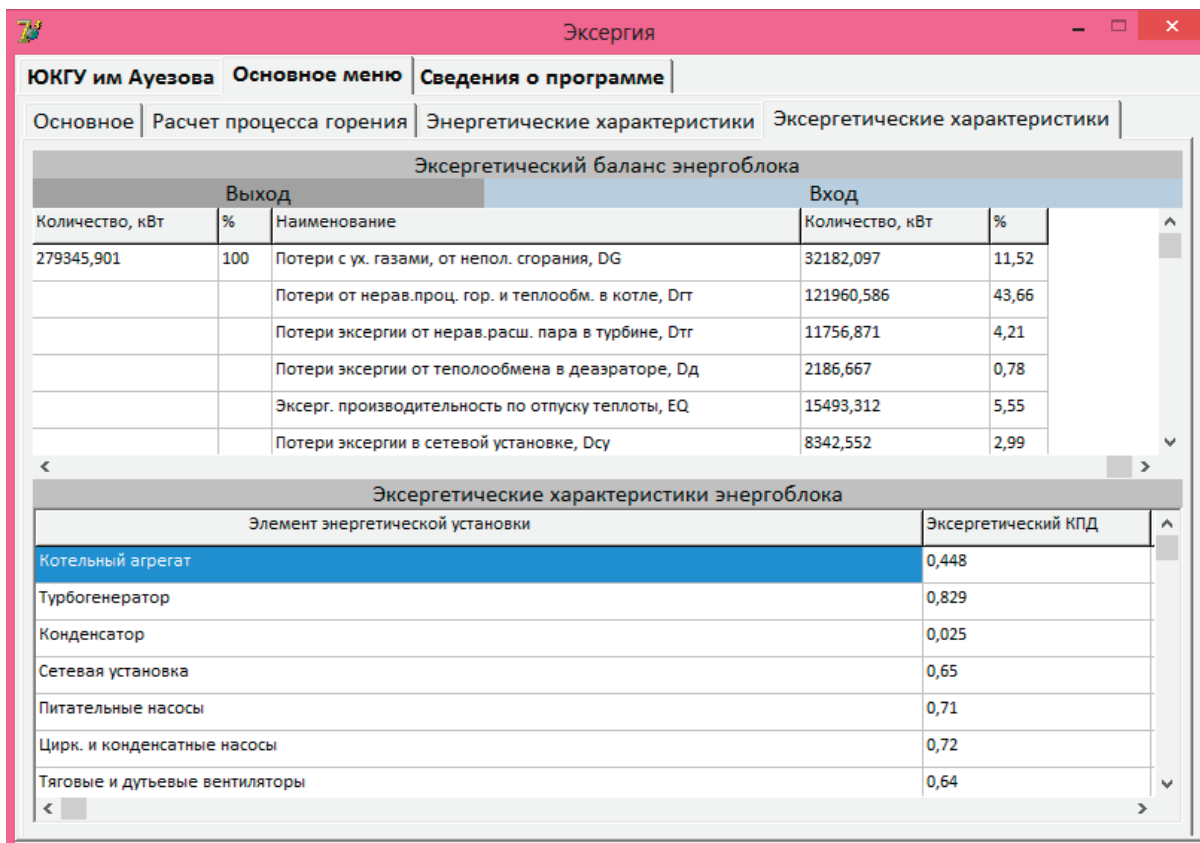


Рис. 5. Окно эксергетического баланса и полученных эксергетических КПД энергоблока

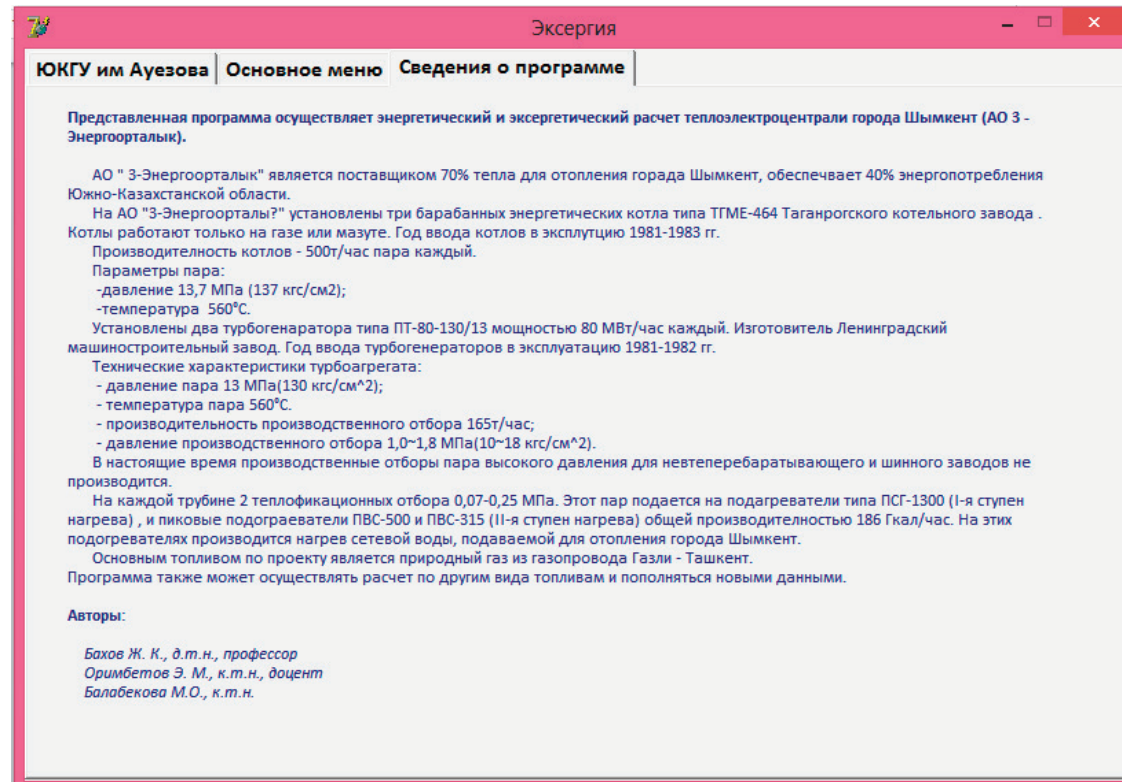


Рис. 6. Вкладка «Сведения о программе»

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что база данных предложенной программы является пополняемой и адаптированной под различные виды топлива и их состава, что позволяет судить об актуальности её использования.

Литература:

1. Казаков В. Г., Луканин П. В., Смирнова О. С. Термодинамические методы анализа в энергоиспользующих процессах: учебное пособие/ СПб ГТУРП. — СПб., 2011. — 93 с.: ил. 20.
2. Авторское свидетельство № 1090. «Расчет эксергии» программа для ЭВМ. Авторы: Балабекова М. О., Бахов Ж. К., Орымбетов Э. — 4.07.15.

Внедрение автоматизированной системы для мониторинга сети на предприятии ТЭК

Архипов Иван Сергеевич, студент
Казанский государственный энергетический университет

В статье предложен путь решения проблемы по автоматизации мониторинга сетевых устройств на предприятии ТЭК путем внедрения многофункциональной системы мониторинга, которая написан и распространяется, под лицензией GPL исходный код свободно распространяется, что позволяет самостоятельно модифицировать программный код.

Ключевые слова: сети, инфраструктура сети, мониторинг, автоматизация, администрирование.

В начале развития информационных технологий использовались простые решения: все системы были простыми, было достаточно команды профессионалов, чтобы поддерживать систему в рабочем состоянии, меняющихся составляющих было мало, поэтому и надобность мониторинга отсутствовала.

Раньше информация о всей инфраструктуре просто собиралась, а роль «интеллектуального обработчика» лежала на администраторе, который при помощи «командной строки» осуществлял настройку сетевого оборудования и поиск неисправностей сети. Командная строка — это инструмент опера-

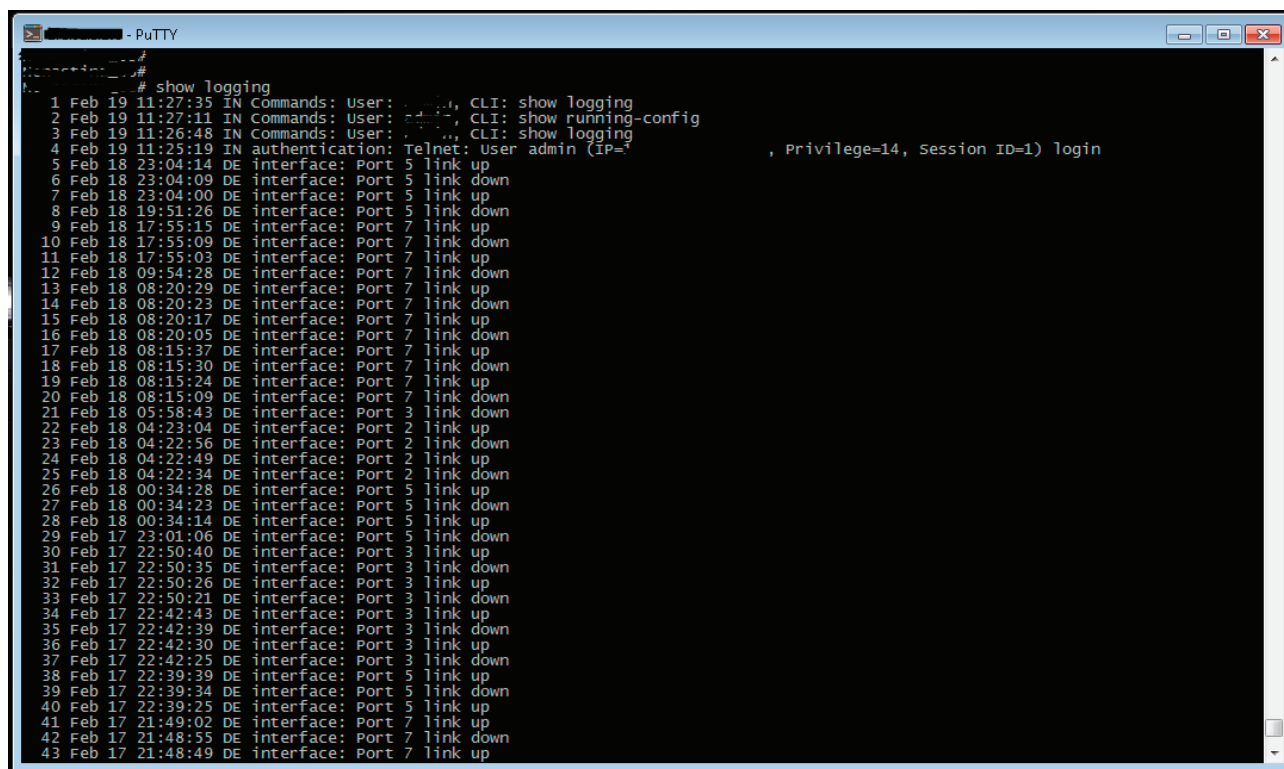


Рис. 1. Командная строка

ционной системы, состоящий, как правило, из оболочки ОС и текстового интерфейса. Оболочка обеспечивает пользователя инструментарием для «общения» с операционной системой, которыми, в данном случае, выступают текстовые команды, отображенные на рис. 1.

В современном мире сети интернет значительно увеличились в размерах и представляет собой сложнейший конгломерат разномасштабных и разнородных сетей.

Инфраструктура сети — это совокупность устройств и систем, которые подключены друг к другу логически или физически и общающихся между собой, которые обеспечивают связь, безопасность, маршрутизацию, управление, доступ и другие свойства сети [1]. Так как современные информационные системы по своей природе являются распределенными системами. Рабочие станции пользователей, серверы и прочие сетевые узлы распределены по большой территории. При неисправностях в сети, поиск неисправностей системным администратором, может занять большое количество времени [2].

Современное системное администрирование неэффективно без автоматизированных средств мониторинга, позволяющих своевременно реагировать на нештатные ситуации и отслеживать динамику работы сети. Одним из путей решения этой проблемы является экспериментальное внедрение системы автоматизированной мониторинга сетевого оборудования Zabbix с последующим анализом полученных в ходе эксплуатации результатов [3]. Zabbix — это многофункциональна система мониторинга многочисленных параметров сети, а также состояния и работоспособности серверов и приложений.

В систему мониторинга уже встроен ряд стандартных метрик: распределенный мониторинг с централизованным адми-

нистрированием через web интерфейсы, высокоуровневый вид контроля ресурсов, активность жёсткого диска, автоматическое обнаружение серверов и других устройств в сети, сетевая активность, журнал аудита [4].

Web-интерфейс — инструмент визуального представления, реализованный на PHP, для работы требуется web-сервер, представлен на рис. 2.

С Zabbix возможно выполнять расщедоточенный мониторинг до 10000 узлов, где конфигурация младших узлов контролируется старшими узлами. Система включает в себя концентрированный мониторинг системных файлов, возможность создавать карты сетей, осуществление запросов в различные базы, генерацию отчётов и тенденций, реализацию сценариев на основе мониторинга, поддержку интеллектуального интерфейса управления платформами.

Zabbix имеет множество настроек оповещения: отправку оповещений можно настроить, используя расписания эскалаций, получателей, типов оповещений, можно сделать информативными и полезными при использовании переменных макросов, автоматические действия, включающие в себя удаленные команды. Это дает возможность быстро среагировать на проблемы.

Чтобы отобразить логическую структуру сети, мы можем вручную создавать карты сетей, которые отображают расположение узлов сети и соединения между ними, а текущее состояние узлов будет отображаться на карте рис. 3.

Zabbix предлагает возможности отчетности и визуализации данных, базируясь на собранных данных. Zabbix написан и распространяется под лицензией GPL General Public License версии 2. Это означает, что его исходный код свободно распро-

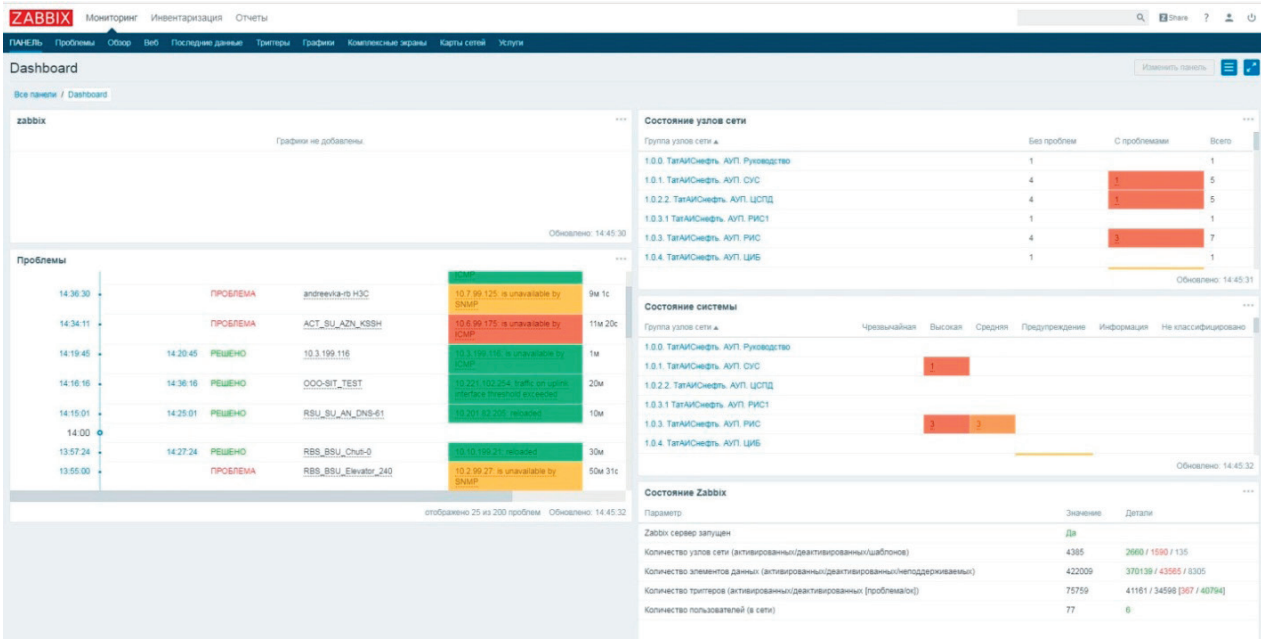


Рис. 2. Web-интерфейс мониторинга Zabbix

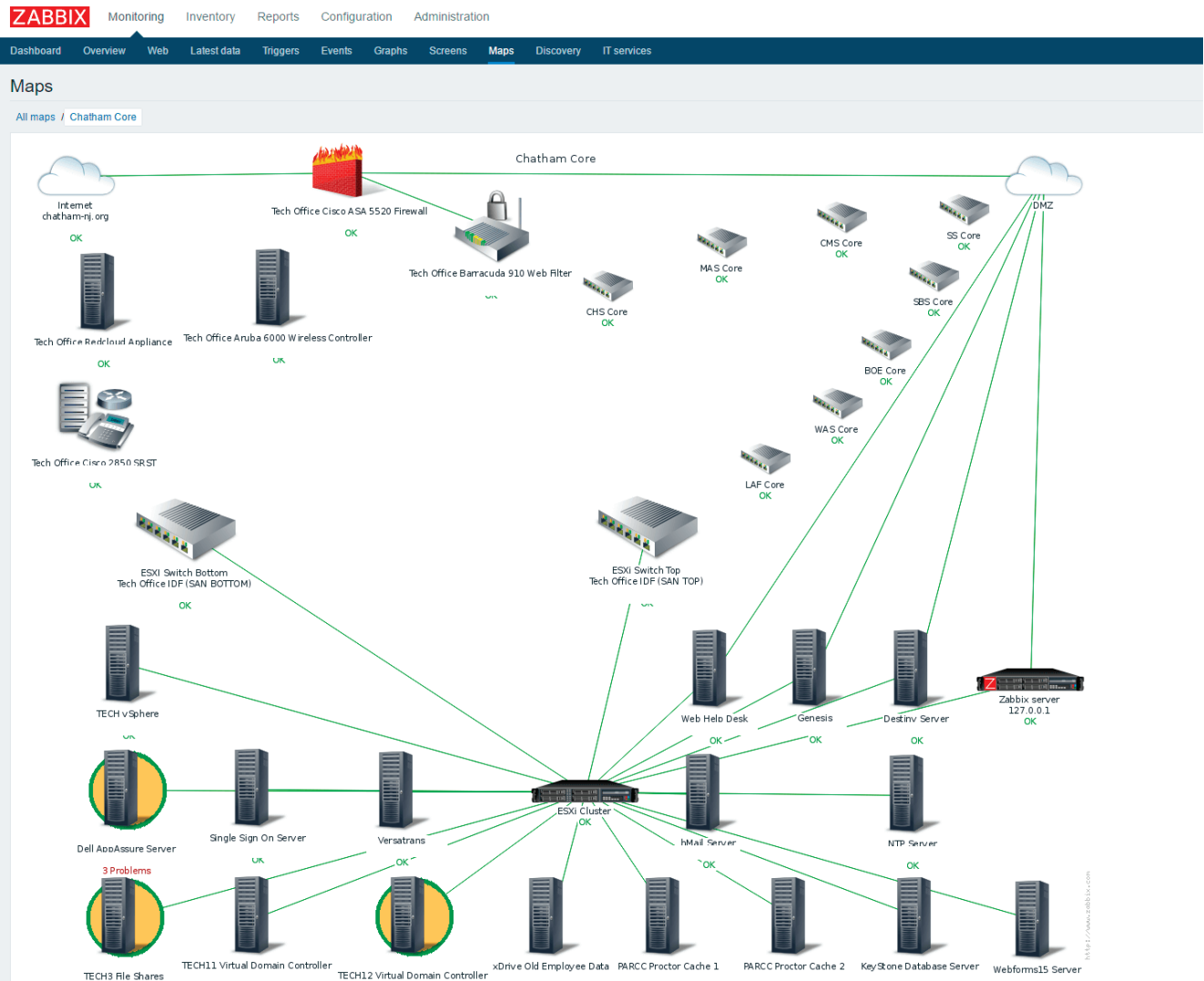


Рис. 3. Карты сетей в Zabbix

страняется и доступен для неограниченного круга лиц, что позволяет самостоятельно модифицировать программный код под свои нужды. Это потенциально делает Zabbix хорошим инструментом для планирования и масштабирования сетей. На основе проведенного нами изучения работы системы, анализа результатов мониторинга разветвленной компьютерной сети одного из предприятий топливно-энергетического комплекса

можно сделать вывод о хорошей релевантности системы информационным нуждам IT-службы предприятия и его руководства [5].

На текущий момент Zabbix является фактически Digital Twin (цифровой двойник) всей IT-инфраструктуры предприятия, помогая последнему быть в русле процесса цифровизации экономики для увеличения эффективности бизнеса.

Литература:

1. Олифер В. Г./ Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2016. — 992 с
2. Чекмарев Ю. В. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 184 с
3. Habr [Электронный ресурс]: Практический мониторинг URL: <https://habr.com/company/sberbank/blog/420731/>. (дата обращения: 18.03.2020).
4. Zabbix [Электронный ресурс]: What is Zabbix URL: <http://www.zabbix.com>. (дата обращения: 17.03.2020).
5. Zabbix Documentation [Электронный ресурс]: Zabbix документация версия 4.2 URL: <https://www.zabbix.com/documentation/4.2/ru/manual>. (дата обращения: 17.03.2020).

Общие вопросы выбора и применения протоколов связи системы «Умный дом»

Демьяненко Анатолий Иванович, кандидат технических наук, доцент;
Жакашева Айдана Дарханкызы, студент магистратуры
Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

Ключевые слова: протоколы Z-Wave и ZigBee, беспроводные технологии, умный дом.

В период автоматизации всех сторон жизнедеятельности человека актуальными становятся вопросы управления бытовыми приборами, обеспечивающими комфортное существование человека, что определяется как концепция «Умный Дом». Данная концепция является динамически развивающейся, поскольку технологии её обеспечивающие, не стоят на месте, появляются новые девайсы, приборы и гаджеты для улучшения и комфорта человеческой жизни.

Концепция построения и развития технологии «Умного Дома» предполагает совместную работу всех компонентов системы умного дома с применением проводной или беспроводной связи [1]. Управление устройствами, входящими в структуру «Умный дом», может быть реализовано с помощью различных устройств связи, в том числе и переносных, например, смартфонов. В этом случае определяющее значение будут иметь не марка устройств умного дома и устройств управления ими, а протоколы взаимодействия между ними, поскольку именно протоколы общения определяют качественные и количественные характеристики взаимодействия составных частей аппаратного и программного обеспечения умного дома.

Таким образом, правильно выбранный протокол взаимодействия дает возможность укомплектовать систему «Умный дом» продукцией различных производителей, например, охранной системой Xiaomi и камерой видеонаблюдения Apple и позволяет организовать их взаимодействие [1].

Исходя из этого, многие умные устройства поддерживают несколько универсальных стандартов и протоколов, например такие, как Z-Wave (рисунок 1) и ZigBee (рисунок 2). Данные протоколы разработаны специально для домашней автоматизации, они обеспечивают системе безопасность и универсальность.

Оба протокола принадлежат к категории ячеистых сетей, что означает наличие у сообщения внутри них возможности достижения пункта назначения несколькими путями. Так же они снижают вероятность сбоев и гарантируют безопасность за счет того, что при повреждении какого — либо узла, сообщение перенаправляется к ближайшему доступному устройству внутри сети. Такой алгоритм работы сети становится возможным за счет организации сети, при которой каждое устройство связано с несколькими другими устройствами.

Если рассмотреть отдельно протоколы, то Z-Wave (рисунок 1) работает в диапазоне частот до 1 ГГц, и это удобно, потому что потенциальных помех в этом диапазоне существенно меньше, чем в диапазоне частот 2,4 ГГц, на которой работают Wi-Fi и Bluetooth. Дополнительным достоинством протоколов являются малые задержки времени при передаче коротких команд.

Протокол ZigBee, в отличие от Z-Wave, кроме преимуществ ячеистой структуры, предоставляет возможность выбора алгоритма маршрутизации в зависимости от состояния сети и требований программы (рисунок 2). Как и протокол Z-Wave,



Рис. 1. Организация работы по протоколу Z-Wave



Рис. 2. Организация работы по протоколу ZigBee

ZigBee обеспечивает повышенную безопасность и низкое энергопотребление, а это значит длительную автономную работу сетевых устройств.

Рассмотренные протоколы относятся к открытым протоколам и их начинают поддерживать все больше компаний, например, Xiaomi. Вокруг обоих протоколов уже сформировались своеобразные альянсы, в которые входят производители систем для умных домов. Список компаний чрезвычайно широк, с ним можно ознакомиться на официальных сайтах Z-Wave и ZigBee [2,3].

Беспроводные технологии передачи данных Z-Wave и ZigBee являются настоящей находкой не только для систем «умного дома», но и для современных смарт — устройств в целом. Решения для интеллектуальной домашней системы, объединенные посредством протоколов Z-Wave и ZigBee, предоставляют огромные возможности для современной квартиры или частного дома, поскольку индивидуальный проект

системы «умный дом» позволяет создать собственные правила взаимодействия между приборами со своим уникальным программным обеспечением.

Таким образом, можно заключить, что описанные протоколы взаимодействия являются надежными и комфортными решениями не только для пользователей, но и разработчиков. Структура протоколов обеспечивает достаточный охват для работы системы на больших площадях при идеальном качестве сигнала.

В заключении хотелось бы сказать, что в последнее время появилось много многопротокольных контроллеров, которые одновременно объединяют несколько беспроводных технологий умного дома. Исходя из этого, производители пытаются согласовать конкурирующие протоколы и предоставляют пользователям больше свободы для создания интеллектуальных домашних сетей. Наиболее популярной комбинацией является одновременная поддержка Z-Wave, Zigbee и Bluetooth Smart

в одном устройстве. Сегодня же рынок беспроводных технологий для умного дома быстро меняется. Только требования к потребляемой мощности устройства, цифровой безопасности, отказоустойчивости сети, способности устройства противо-

стоять радиопомехам, простоте подключения и взаимной совместимости продуктов одного и того же стандарта связи остаются неизменными. Выбирая основу для умного дома, нужно тщательно взвесить все эти факторы.

Литература:

1. <https://wifi.kz/articles/z-wave-postroit-umnyy-dom-legko/>
2. <https://zigbeealliance.org/>
3. <https://rus.z-wave.me/>

Методы защиты информации на основе ее визуализации

Жумай Нураыс, студент магистратуры;

Молдаш Айнур Бауржанкызы, студент магистратуры

Научный руководитель: Сексенбаева Айша Курманбековна, кандидат физико-математических наук, доцент

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева (г. Нур-Султан, Казахстан)

Автоматизированные системы для борьбы с человеческой аналитической угрозой являются одним из потенциальных решений, но большинство автоматизированных систем требуют бдительного человеческого контроля. Этот автоматизированный подход недооценивает сильные аналитические способности людей. В то время как автоматизация предоставляет возможности для повышения масштабируемости, люди предоставляют возможность обрабатывать исключения и новые шаблоны. В техническом отчете по технологиям обнаружения вторжений отмечается, что, хотя поставщики средств безопасности пытаются полностью автоматизировать диагностику вторжений, более реалистичным подходом является вовлечение человека в диагностический цикл; компьютеры могут обрабатывать большие объемы данных, но не могут соответствовать аналитическим навыкам человека.

Ключевые слова: кибер-безопасности, сбор данных, особенности извлечения, экспертные правила, веб-угрозы, визуализация.

Из-за огромного количества данных, с которыми работают аналитики, необходимости распознавать паттерны и аномалии, и важности держать людей в курсе, визуализация информации показывает большой потенциал для поддержки работы по компьютерной безопасности. Проще говоря, визуализация информации превращает данные в интерактивные графические дисплеи. Информационная визуализация использует преимущества человеческого устройства ввода, пропускной способности и возможностей человеческого восприятия с самой высокой пропускной способностью. Визуализация информации может использоваться для исследования, обнаружения, принятия решений и передачи сложных идей другим [1].

Визуализация информации отличается от более широкой области графики данных. Информационная визуализация является интерактивной; у пользователя будут инструменты для настройки отображения, чтобы получить более осмысленное представление о представляемых данных. В отличие от научной визуализации, которая связана с представлением физических данных (таких как человеческое тело, молекулы или география), информационная визуализация представляет собой абстрактные данные; для этого часто требуется творческий подход со стороны дизайнеров, поскольку не существует существующей структуры для отображения данных на графическом дисплее [2]. Это одна из неотъемлемых проблем при разработке эффективной визуализации информации: отображение данных пространственно осмысленным образом. В основе визуализации

информации лежит цель усиления познания, интеллектуальных процессов, в которых информация получается, преобразуется, хранится, извлекается и используется (Card, 2003). Визуализация информации способна улучшить познание, используя возможности человеческого восприятия.

Источник хранения данных

Аппаратное обеспечение, используемое для проекта,— это три сервера, на которых размещены все запрограммированные файлы, а извлеченные данные хранятся на сервере базы данных. Эти серверы работают под управлением операционной системы Red Hat и используют apache2 для запуска веб-серверов для внешнего интерфейса. Инструменты, которые использовались для программирования, были HTML и JavaScript, чтобы обеспечить интерфейс для этого проекта. Для бэкэнда PHP и MySQL использовались для обработки данных и их хранения. Все графики и карты, использованные для этого проекта, были доступны с помощью Google Maps и Google Charts. Данные о местонахождении IP были получены из <https://extreme-ip-lookup.com/> API.

Файлы журнала

Для этого проекта был написан PHP-скрипт, который берет дату, время, сервер, тип записи, пользователя, IP-адрес и порт из файлов журнала, полученных с сервера. Каждая строка

в файле журнала читается сценарием, и для строки, которая должна учитываться при вводе данных, она должна содержать либо строку «Failed password», либо «Invalid user», поскольку это предупреждающие признаки попытки несанкционированного ввода. Как только строка определена как допустимая попытка, каждая строка в строке разбивается на части и присваивается переменная. Наконец, создается запрос MySQL, и данные вводятся в базу данных MySQL.

MySQL используется для хранения всех данных, которые извлекаются в файле журнала. Каждая точка данных, взятая из программы PHP, сохраняется в базе данных вместе с самой строкой и отметкой времени. С данными в базе данных MySQL статистику можно увидеть с помощью различных запросов MySQL. Это будет использоваться в сочетании с PHP для отображения всех результатов.

Визуализация

HTML и JavaScript используются для отображения графиков, диаграмм и карт, предоставленных Google. В документации Google он предоставляет нам скелетный код, из кото-

рого мы можем изменять данные, которые входят в диаграмму, а также то, как диаграмма выглядит. Используя это, мы можем использовать PHP, чтобы соединить MySQL и внешние аспекты этого проекта. «PHP может генерировать HTML, а HTML может передавать информацию в PHP» («PHP: PHP и HTML — Руководство», n.d.). Эта же концепция применима и к JavaScript, за исключением того, что JavaScript не может передавать информацию в PHP. Благодаря этому мы можем манипулировать кодом JavaScript из Google и писать его с помощью PHP, который мы затем используем для заполнения графиков и сопоставления с информацией из базы данных.

Данные о местоположении

Используя IP-адреса, предоставленные файлами журналов, мы смогли использовать сторонний API определения местоположения для получения источника IP-адреса. API, который использовался для этого проекта, был extreme-ip-lookup.com. Когда IP-адрес предоставляется API, он возвращает файл JSON, который затем может быть декодирован в программе PHP.

```
{
  "businessName" : "Kean College",
  "businessWebsite" : "",
  "city" : "Union",
  "continent" : "North America",
  "country" : "United States",
  "countryCode" : "US",
  "ipName" : "",
  "ipType" : "Education",
  "isp" : "Kean College",
  "lat" : "40.6945",
  "lon" : "-74.2690",
  "org" : "Kean College",
  "query" : "131.125.11.1",
  "region" : "New Jersey",
  "status" : "success"
}
```

Рис. 1

При отправке запроса на получение данных о местоположении с веб-сайта он вернет информацию в формате JSON. Благодаря этому мы можем извлечь из него все точки данных, которые нам нужны, так как он возвращает несколько точек данных. Для этого проекта была взята информация о городе, стране, коде страны, широте и долготе. Эта база данных будет отвечать за отображение информации, необходимой для реализации карт Google. Карты Google можно использовать для отображения местоположения, заданного API местоположения. Мы можем сделать это, взяв широту и долготу, которые были сохранены в базе данных, и отобразив их на маркере местоположения на карте. Для встраивания карт Google в веб-страницу требуется в основном JavaScript для настройки и хранения данных для карты и HTML для ее отображения. на веб-странице. Данные в базе данных должны соответствовать формату,

который Google использует для своих карт. Это можно сделать с помощью PHP для извлечения данных из базы данных, а затем передать эти данные в JavaScript для отображения информации. С помощью этого метода мы можем успешно построить местоположение с данными широты и долготы.

Результаты

Статистика сервера

Сбор данных происходил между датами 3 января и 29 февраля. За эти дни было совершено 51912 попыток несанкционированного проникновения между тремя серверами в Евразийском национальном университете. Разбивка на сервер может быть визуализирована с помощью Google Charts.

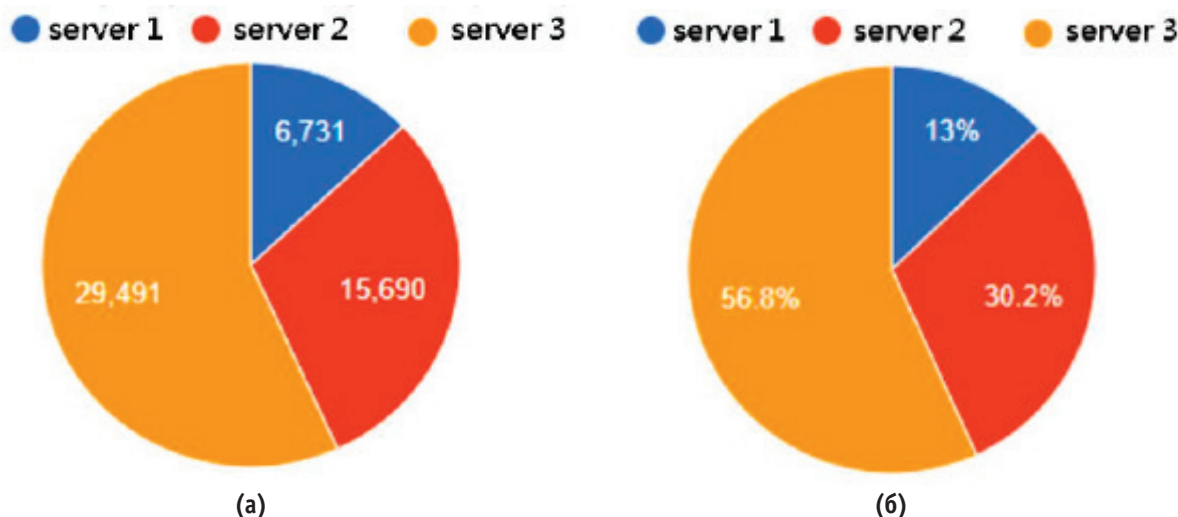


Рис. 2. Визуализация счета с 3 серверов. Верхняя диаграмма (а) показывает фактическое количество каждого сервера, а нижняя диаграмма (б) — это процент на каждый сервер. Обе диаграммы сняты с веб-страницы

Корневой пользователь используется для системного администрирования («Superadmin»). Если к этому пользователю обращается несанкционированная система, результаты могут быть катастрофическими. На всех трех серверах root был тем пользователем, к которому больше всего пытались получить доступ, что составило более 85,4% всех несанкционированных попыток. При проверке необработанных файлов журнала мы увидели, что 0% всех несанкционированных попыток были успешными.

Заключение

В целом, мы можем видеть, что большинство несанкционированных попыток происходят из-за пределов РК. Данные, полученные в рамках этого проекта, позволяют администратору сервера точно определить, какую активность действительно получает сервер. С таким большим результатом в течение двух месяцев возникают некоторые вопросы о безопасности сети, в которой находятся эти серверы. С уникальными именами серверов, которые известны только определенным студентам,

как люди могут найти эти серверы и попытаться взломать их? Может ли это быть уязвимость в сети? Имея данные, это позволяет нам задавать эти вопросы и переходить к следующему шагу для лучшей защиты наших серверов.

В наши дни угроза кибератак так же высока, как и экологических катастроф. При этом важно, чтобы мы хотя бы оставались в курсе того, что происходит в сфере кибер безопасности. Это исследование демонстрирует, что данные, которые когда-то были непонятны для тех, кто не находится в этой области, могут быть визуализированы и распространены, чтобы позволить людям быть более информированными.

В будущем мы надеемся усовершенствовать исследования и создать динамичный веб-сайт, который может отображать статистику для всех данных, которые мы имеем в базе данных. Еще один способ расширить эту работу — собрать файлы журналов за промежуток времени в несколько месяцев или несколько лет, чтобы посмотреть на определенные тенденции и выяснить, не спровоцированы ли несанкционированные попытки по времени года, времени дня или времени недели.

Литература:

1. Терехов В.И. Применение когнитивной компьютерной графики для визуализации актуальной информации лицам, принимающим решение // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2012. С. 109–119.
2. Монахов М. Ю., Астафьева Е.С. Анализ возможностей и методов визуализации состояния и процессов обеспечения безопасности информационной сети предприятия / Владимир. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых [Электронный ресурс]. <http://izi.vlsu.ru/HTC/18.pdf> (дата обращения: 25.03.2017).
3. Bensalah F, El Kamoun N, Bahnasse A. Analytical performance and Evaluation of the Scalability of Layer 3 Tunneling Protocols: Case of Voice Traffic Over IP. International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS). 1;17(4):361.— Apr.— 2017.

Особенности тестирования производительности финансовых приложений, предназначенных для исполнения бюджета и управления бюджетным процессом в субъектах РФ и муниципальных образованиях

Савчук Иван Валерьевич, студент магистратуры
Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (г. Калининград)

В работе рассмотрены особенности информационных систем, предназначенных для управления бюджетом в муниципальных образованиях и субъектах РФ. Выполнен анализ особенностей тестирования производительности таких приложений.

Ключевые слова: информационные системы, методы тестирования производительности, нагрузочное тестирование, производительность, программные продукты.

Вопросы управления бюджетом в муниципальных образованиях и субъектах Российской Федерации крайне актуальны на сегодняшний день. Применение информационных технологий способствует повышению качества исполнения бюджета и увеличению скорости принятия управленческих решений. Использование геоинформационных систем поддержки принятия решений позволяют производить совершенствование структуры управления муниципальными образованиями [1].

В качестве одной из таких информационных систем (ИС) можно рассмотреть Автоматизированный Центр Контроля процесса планирования и анализа бюджета («АЦК-Планирование») [2].

«АЦК-Планирование» — это система автоматизации финансово-экономических органов, предназначенная для исполнения бюджета и управления бюджетным процессом в субъектах РФ и муниципальных образованиях. Программный комплекс «АЦК-Планирование» предназначен для автоматизации процесса планирования бюджета региона (муниципального образования) на очередной финансовый год и плановый период в соответствии с действующим законодательством и новейшими тенденциями бюджетной реформы. Клиентская часть системы взаимодействует с серверной по протоколу HTTP.

Стабильность и отказоустойчивость крайне важны в работе любых систем, связанных с исполнением бюджета или же с работой с финансовыми органами. Поэтому для подобных информационных систем необходимо проводить комплексное тестирование, направленное на выявление уязвимостей в приложениях, определение работоспособности, стабильности и других атрибутов качества приложения в условиях стрессовой работы всей системы — тестирование производительности.

Тестирование производительности чаще всего необходимо для определения нагрузки, которую выдерживает информационная система при заданных параметрах [3]. Для этого можно применять онлайн-сервисы для генерации нагрузки на выборочные модули программного продукта. Или можно имитировать деятельность реальных пользователей при помощи запуска разработанных нагрузочных скриптов в несколько потоков. Такую имитацию обычно называют поведенческим методом.

Под нагрузочным тестированием понимают определение характеристик производительности и времени отклика приложения на внешний запрос, чтобы выполнить проверку по

предъявляемым требованиям к рассматриваемому программному продукту.

Программный комплекс «АЦК-Планирование», как и любая финансовая система имеет сложную структуру и состоит из множества модулей, которые взаимодействуют друг с другом.

В отличие от большинства программных приложений, в финансовых пользователи в первую очередь взаимодействуют с электронными документами (ЭД). Создание, копирование, обработка, изменение и удаление — это основные действия пользователей над ЭД в финансовых приложениях. Эти действия представляют собой запросы к серверу приложения, которые необходимо воспроизвести специалисту при написании скрипта для нагрузочного тестирования. Но перед созданием скрипта необходимо проанализировать с какими ЭД наиболее часто работают пользователи приложения.

Когда сценарии действий пользователей, которые будут воспроизводиться во время нагрузочного теста, сформированы, необходимо эти сценарии создать и воспроизвести с помощью инструмента для нагрузочного тестирования. Одним из таких наиболее известных и популярных инструментов является Apache JMeter — простой в освоении кроссплатформенный программный продукт, поддерживающий большое количество протоколов передачи данных, в том числе HTTP [4]. За счет своей модульности может быть расширен в нужную сторону и реализовать самые необычные сценарии нагрузочного тестирования.

Благодаря встроенному в Apache JMeter проху-серверу возможно записать необходимые HTTP-запросы, из которых в дальнейшем будет сформирован сценарии работы пользователей. Это избавит от сложностей, связанных с ручным написанием запросов к серверу приложения. Например, запрос на создание такого ЭД как «План финансово-хозяйственной деятельности» содержит в себе не только множество полей, но и строки бюджетных классификаторов, которых может быть до 10–20 тысяч. Таким образом, только один только запрос может занимать 30 Мб в текстовом формате, и его автоматическая запись программой для нагрузочного тестирования сильно упростит создание сценария и сократит общее время тестирования.

Также наличие логических блоков и различного вида и назначения контроллеров позволяет реализовать нелинейную структуру скрипта, что помогает в имитации асинхронной обработки ЭД. Или, при необходимости, можно реализовать соб-

ственные условия выполнения запросов с помощью специального контроллера, внутри которого пишется код сценария. Это помогает в специфических сценариях, связанных с выгрузкой шаблонов с сайтов госорганов и дальнейшего их прикрепления к электронным документам приложения. Это необходимо, так как перевод ЭД на новый статус связан с проверкой большого количества бюджетных контролей и для некоторых типов ЭД существует контроль на наличие определенного вложения.

Главная сложность в записи и дальнейшем воспроизведении сценариев как раз и заключается в наличии контролей. Все контроли обработки ЭД соответствуют законам Российской Федерации. И в случаях, когда в законы вносятся правки, бюджетные контроли также модифицируются, что может потребовать внесение изменений в уже существующий скрипт нагрузочного тестирования. Таким образом специалисту, занимающимся нагрузочным тестированием на проекте необходимо поддерживать все скрипты в актуальном состоянии.

Литература:

1. Купцов К. В. Совершенствование структуры управления муниципальными образованиями на основе применения геоинформационных систем поддержки принятия решений. — Вестник РГРТУ № 69, 2019. — 168–174 с.
2. Автоматизированный Центр Контроля процесса планирования и анализа бюджета («АЦК-Планирование») // БФТ URL: <https://bftcom.com/products/upravlenie-gosudarstvennymi-finansami/byudzhethoe-planirovanie/> (дата обращения: 20.04.2020).
3. Bayo Erinle. Performance Testing with JMeter. — Third Edition. —: Packt Publishing, 2017. — 166 с.
4. Sai Matam, Jagdeep Jain. Pro Apache JMeter Web Application Performance Testing. —: Apress, 2017. — 358 с.

Планирование задач и ресурсов в распределённых системах

Филимонов Дмитрий Николаевич, магистрант;
Савина Ольга Александровна, доктор экономических наук, профессор
Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева

В статье рассматриваются аспекты планирования задач в системах распределённых вычислений.

Ключевые слова: распределённые вычисления, стратегия планирования, GRID.

В общем случае запускаемые в вычислительной системе приложения имеют разные требования к вычислительным узлам. К примеру, в случае виртуализации сетей, запрос на создание виртуальной сети может быть описан с учётом ограничений, накладываемых на узлы сети (напр. процессор и физическое расположение) и на связи (например задержка, пропускная способность и джиттер).

Традиционные требования, которые предъявляются со стороны приложений:

1. Сетевые требования (пропускная способность и задержка);
2. Конфигурационные требования (процессор и память);
3. Права доступа к определённым программным ресурсам.

Информационный сервис, который предоставляет данные о состоянии ресурсов, опирается на модель ресурсов, о которой будет сказано ниже.

Для финансовых приложений в техническом задании должны быть строго прописаны времена выполнения различных действия над ЭД, вместе с аппаратными характеристиками компонентов системы. И во время проведения нагрузочного тестирования отслеживается соответствие заявленных требований реальным результатам. Если же эти условия не прописаны, то задача тестировщика заключается также в установлении потенциальных возможностей системы с текущими аппаратными характеристиками.

В результате были рассмотрены основные особенности тестировании производительности финансовых приложений, предназначенных для исполнения бюджета и управления бюджетным процессом в субъектах РФ и муниципальных образованиях, отличающие их от большинства других приложений. Проведен анализ этих особенностей и предложены возможные пути их решения на примере инструмента для нагрузочного тестирования Apache JMeter.

Таким образом, на вход метода выделения ресурсов подаются следующие данные:

1. Физические и виртуальные ресурсы;
2. Требования приложений;
3. Модели ресурсов.

При моделировании ресурсов производится разбивка доступных аппаратных ресурсов (памяти, процессора, пропускной способности сети и т.п.) на части, которые могут быть ассоциированы с конкретной задачей. К примеру, доступную задачам память можно делить на блоки по 16, 32, 64 и т.д. мегабайт, а пропускную способность сети — по 10 мегабит/с, а процессора можно предоставлять как эксклюзивно, так и предоставляя ядра одного процессора для планирования работы нескольких прикладных приложений. Здесь важно соблюсти баланс между наиболее точным выделением ресурсов и накладными расходами на планирование их использования: распре-

деление ресурсов при очень мелком их дроблении само по себе становится сложной задачей, что усложняет работу на стадии планирования ресурсов и оптимизации [3].

Привлекаемые распределенные ресурсы почти всегда гетерогенны: различные архитектуры, программное и аппаратное обеспечение. В связи с этим, разработка адекватной ресурсной модели является первой задачей, которую необходимо решить при разработке системы выделения ресурсов [3].

Важно учитывать, что моделирование ресурсов не обязано привязываться к формам и способам, какими они предоставляются конечным пользователям. К примеру, провайдер может моделировать каждый ресурс индивидуально по мелкогранулированной шкале (количество гигагерц процессора или гигабайт памяти), но предоставлять их в определённой комплектации в качестве классов (виртуальные машины с большим объёмом памяти или высокопроизводительные — с мощным процессором).

Оптимальным представляется подход, когда на этапе создания системы строятся модели ресурсов исходя из типов предоставляемых сервисов.

К примеру в решении Elastic Computing Cloud от Amazon выделяются классы арендуемых машин (instance families): общего назначения, оптимизированные по производительности процессора, с большим объёмом основной памяти (RAM), с большим объёмом внешней памяти и оптимизированные под графическую обработку. Кроме того, в каждом классе машин идёт разделение по мощности (instance types): малые, средние, большие, сверхбольшие и т.п.

Среди стратегий выбора ресурсов можно выделить апостериорные и априорные [3].

Для апостериорных стратегий после того, как было выполнено изначальное назначение ресурсов (возможно — неоптимальное), управление назначением ресурсов продолжается с целью улучшения первичного решения. При необходимости принимаются такие меры по добавлению или переназначению ресурсов для выхода на требуемые показатели функционирования. Например, в приложениях, разворачиваемых в кластерах Kubernetes, на основе анализа загруженности узлов балансировщиком может быть принято решение о добавлении в работу дополнительного узла. Масштабирование может осуществляться на основе и иных метрик, собираемых управляющим центром кластера.

Априорные стратегии находят оптимальное решение на основе заранее определенных переменных, влияющих на распределение ресурсов. К таким переменным можно отнести и архитектурные ограничения представления ресурсов (например, память будет выделяться блоками, размер которых задается на уровне реестра ресурсов, даже если приложением она не будет задействована полностью), и особенности самой задачи.

Большинство существующих алгоритмов планирования задач исходит из предположения, что время выполнения приложения (задачи) известно заранее, ещё до реального выполнения [2]. Это упрощает сопоставление задач и ресурсов, но слабо применимо к реальным задачам. Более обоснованный подход — мониторинг прикладных приложений с целью выяснения характеристик выполнения. Это позволяет на основе

предположения о корреляции между состоянием выполнения задачи и общим временем её выполнения прогнозировать время, оставшееся до завершения задачи.

Многие из алгоритмов, оценивающие время выполнения и прогнозирующие загрузку ресурсов, основаны на статистических моделях [4]. Статистика предыдущих запусков успешно применяется в кластерных и облачных платформах. Решения о масштабировании на практике базируются на множестве критериев, среди которых накладные расходы на выделение ресурсов, на миграцию заданий, оценку ожидаемого эффекта от масштабирования и перепланирования.

Наряду с методами управления ресурсами выделяют два различных типа планирования задач: статический и динамический. Статические стратегии предполагают принятие решения о запуске на основе информации о доступных узлах обработки и очереди ожидания заданий. Целью планирования выступает минимизация ожидаемой продолжительности выполнения задач.

Динамические стратегии применяются в тех случаях, когда система назначает ресурсы по мере поступления задач. Здесь можно минимизировать время обработки пакета или иную метрику, отражающую качество предоставляемого сервиса. Динамический подход к планированию предполагает возможность планировщика менять стратегию планирования при появлении новых задач и освобождении ресурсов. В этом случае планирование становится уже не единовременным отвлечением ресурсов на внутренние нужды, а систематической работой, влияние которой на общее время выполнения задачи нужно также минимизировать [5].

Методы динамического планирования базируются на сочетании стратегии и алгоритма планирования [6, 7]. Стратегия планирования описывает ситуации, в которых выполняется алгоритм планирования, алгоритм планирования составляет план на основе информации о задаче — очереди заданий, сведений о ресурсах. В динамическом планировании можно выделить стратегии немедленной обработки и пакетной обработки. В первом случае планировщиком рассматривается только поступающие задачи, в пакетном режиме планировщик дополнительно управляет очередью ожидающих задач.

Алгоритмы планирования опираются на различные допущения, в силу чего различаются по возможностям и целевым сценариям применения. С попытками систематизации существующих алгоритмов можно ознакомиться в [5]. Представление задачи для алгоритма планирования можно разделить на два направления:

1. Планирование независимых задач;
2. Планирование задач с зависимостями (описание на основе DAG).

Например, в статье [2] производится оценка производительности и оптимизация для существующего алгоритма адаптивного планирования в грид-системах. Алгоритм обрабатывает задачи, имеющие перекрестные зависимости, которые можно описать направленным ациклическим графом, для которых отсутствует информация об общем времени выполнения. Авторы в статье [5] также исследуют вопрос планирования задач с зависимостями.

Как уже отмечалось, все указанные методы планирования, как правило, реализуются на уровне промежуточного программного обеспечения. В [1] предлагается эвристика для повышения эффективности (минимизации времени решения задач и оптимизации использования ресурсов) промежуточного программного обеспечения на основе технологии GridRPC, которое служит для планирования клиентских запросов. Предложенная модель позволяет выполнить оценку длительности всех задач системы. Помимо клиентов и серверов авторы выделяют компонент называемый реестром, что соответствует планировщику в работах других авторов. Реестр отвечает за отображение пользовательских запросов на узлы в соответствии с определёнными критериями.

В указанной работе предлагается подход на основе модели разделения времени (time sharing), который позволяет прогнозировать длительность выполнения отдельно выбранной задачи на выбранном сервере и влияние на длительность задач уже запущенных на данном узле обработки.

Некоторые методы также учитывают возможность выхода из строя компонентов системы. Здесь необходим баланс резервирования ресурсов для обеспечения живучести расписания выпол-

нения задачи и возможным снижением общей производительности системы за счет вынужденного простоя резервных узлов.

Авторы в статье [8] отмечают, что установление соответствия между приложениями и вычислительными ресурсами в грид-системах является трудоёмкой задачей ввиду гетерогенности ресурсов и динамичности изменения их состояния. Для преодоления этих проблем предлагается использовать искусственную нейронную сеть для прогнозирования состояния узлов обработки. В работе сравниваются два алгоритма прогнозирования на основе нейронных сетей. Авторы используют статический подход к планированию: делается допущение о том, что время выполнения задач может быть оценено на стадии планирования.

Идея о том, что для повышения качества планирования длительные по прогнозируемому времени задачи [2] назначаются на более производительные ресурсы, чем короткие по времени задачи, для которых достаточно низкопроизводительных ресурсов, может быть обобщена следующим образом: чем более точно выделенные для задачи ресурсы соответствуют её ресурсным требованиям тем выше эффективность использования ресурсов и ниже среднее время обработки заявок.

Литература:

1. Caniou, Y. Experimental study of multi-criteria Scheduling Heuristics for GridRPC Systems / Y. Caniou, E. Jeannot // Euro-Par.— 2004.— P. 1048–1055.
2. Chtepen, M. Performance evaluation and optimization of an adaptive scheduling approach for dependent grid jobs with unknown execution time / M. Chtepen, F. Claeys, B. Dhoedt // 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation, Proceedings.— 2009.— P. 1003–1009.
3. Endo, P. Resource allocation for distributed cloud: concepts and research challenges / P. Endo, A. D. A. Palhares, N. Pereira // Ieee Network.— 2011.— Vol. 25 — № 4.— P. 42–46.
4. Imam, M. T., Neural network and regression based processor load prediction for efficient scaling of Grid and Cloud resources / M. T. Imam, S. F. Miskhat, R. M. Rahman, M. A. Amin // 14th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIIT).— IEEE — 2011.
5. Kwok, Y.—K. Static scheduling algorithms for allocating directed task graphs to multiprocessors / Y.—K. Kwok, I. Ahmad // ACM Computing Survey.— 1999.— Vol. 31.— № 4.— P. 406–471.
6. Kim, J.—K. Dynamically mapping tasks with priorities and multiple deadlines in a heterogeneous environment / J.—K. Kim, S. Shvile, H. J. Siegel // Journal of Parallel and Distributed Computing.— 2007.— Vol. 67.— № 2.— P. 154–169.
7. Sun, W. Dynamic task flow scheduling for heterogeneous distributed computing: Algorithm and Strategy / W. Sun, Y. Zhang, Y. Inoguchi // IEICE Transactions on Information and Systems.— 2007.— Vol. E90-D, № 4.— P. 736–744.
8. Xue, S. Resource state prediction in the grid based on neural network / S. Xue, L. Chen, G. Liu // Proceedings of the 5th international conference on Natural computation. ICNC'09. Piscataway, NJ, USA: IEEE Press, 2009.— P. 294–298.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Приток жидкости к произвольному числу (n) скважин в пласте с удаленным контуром питания с учетом влияния начального градиента давления

Гасанов Ильяс Раван оглы, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела;
 Джамалбеков Магомед Асаф оглы, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник
 Научно-исследовательский проектный институт «Нефтегаз» (SOCAR) (г. Баку, Азербайджан)

Как известно, проблема интерференции, т.е. взаимодействия скважин, является одной из важных задач в нефтяной промышленности. При интерференции скважин под влиянием изменения режима работы одной скважины изменяются дебиты, забойные давления других скважин, эксплуатирующих тот же пласт. При этом суммарная добыча нефти из месторождений с вводом в эксплуатацию новых скважин растет медленнее, чем число скважин.

В данной статье рассматривается интерференция произвольного числа (n) скважин с удаленным контуром питания с учетом влияния начального градиента давления.

Ключевые слова: интерференция, взаимодействия скважин, дебит, пласт, начальный градиент давления.

As you know, the problem of interference, i.e. interaction of wells, is one of the important tasks in the oil industry. When wells are interfered with, the flow rates and bottom-hole pressures of other wells operating the same reservoir change under the influence of changes in the operating mode of one well. At the same time, total oil production from fields with the commissioning of new wells is growing more slowly than the number of wells.

This article considers the interference of an arbitrary number (n) of wells with a remote feed loop, taking into account the influence of the initial pressure gradient.

Key words: interference, interaction of wells, production rate, reservoir initial pressure gradient.

Предположим, в горизонтальном пласте толщиной h работают n скважин с забойным потенциалом Φ_{ci} , где $i = 1, 2, \dots, n$.

Для n скважин потенциал в любой точке пласта A определяется формулой [1]:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_n = \frac{1}{2\pi} \sum q_i \ln r_i + c. \tag{1}$$

Поместив точку A последовательно на забой каждой скважины, получим выражение забойного потенциала для них:

$$\begin{cases} \Phi_{c1} = \frac{1}{2\pi}(q_1 \ln r_{c1} + q_2 \ln r_{12} + q_3 \ln r_{13} + \dots + q_n \ln r_{1n}) + c \\ \Phi_{c2} = \frac{1}{2\pi}(q_1 \ln r_{21} + q_2 \ln r_{c1} + q_3 \ln r_{23} + \dots + q_n \ln r_{2n}) + c \\ \dots \\ \Phi_{cn} = \frac{1}{2\pi}(q_1 \ln r_{n1} + q_2 \ln r_{n2} + q_3 \ln r_{n3} + \dots + q_n \ln r_{cn}) + c \end{cases} \tag{2}$$

Система (2) состоит из n уравнений и содержит (n+1) неизвестных (n дебита скважин и постоянную интегрирования c).

Дополнительное уравнение получается, если поместить точку A на контур питания:

$$\Phi_k \approx \frac{1}{2\pi}(q_1 \ln r_k + q_2 \ln r_k + \dots + q_n \ln r_k) + c \tag{3}$$

Почленно вычитая каждое из уравнений (2) из (3), исключим постоянную c и получим систему из n уравнений, решив которую можно определить дебиты скважин, q_1, q_2, \dots, q_n если заданы забойные $\Phi_{c1}, \Phi_{c2}, \dots, \Phi_{cn}$ и контурный Φ_k потенциалы.

Влияние начального градиента на фильтрацию флюидов рассмотрена в различных работах [2,3,4,5]. Учитывая, что градиент давления, который тратится на преодоление столба жидкости давлением p_c , и на начальный градиент давления в призабойной зоне. Зная, что основное снижение давления происходит в призабойной зоне, при $r=r_c$ мы должны подставить, $p = p_c + \Delta p_0$.

$$\text{Так как } \Phi = \frac{kh}{\mu} p, \text{ то } \Phi_k = \frac{kh}{\mu} p_k, \quad \Phi_c = \frac{kh}{\mu} (p_c + \Delta p_0). \tag{4}$$

После вычитаний и подстановки (4) получаем систему n уравнений в виде:

$$\begin{cases} \frac{kh}{\mu} (p_k - (p_{c1} + \Delta p_{01})) = \frac{1}{2\pi} \left(q_1 \ln \frac{r_k}{r_{c1}} + q_2 \ln \frac{r_k}{r_{12}} + \dots + q_n \ln \frac{r_k}{r_{1n}} \right) \\ \frac{kh}{\mu} (p_k - (p_{c2} + \Delta p_{02})) = \frac{1}{2\pi} \left(q_1 \ln \frac{r_k}{r_{21}} + q_2 \ln \frac{r_k}{r_{c2}} + \dots + q_n \ln \frac{r_k}{r_{2n}} \right) \\ \dots \dots \dots \\ \frac{kh}{\mu} (p_k - (p_{cn} + \Delta p_{0n})) = \frac{1}{2\pi} \left(q_1 \ln \frac{r_k}{r_{n1}} + q_2 \ln \frac{r_k}{r_{n2}} + \dots + q_n \ln \frac{r_k}{r_{cn}} \right) \end{cases} \tag{5}$$

или

$$\begin{cases} q_1 \ln \frac{r_k}{r_{c1}} + q_2 \ln \frac{r_k}{r_{12}} + \dots + q_n \ln \frac{r_k}{r_{1n}} = \frac{2\pi kh}{\mu} (\Delta p_1 - \Delta p_{01}) \\ q_1 \ln \frac{r_k}{r_{21}} + q_2 \ln \frac{r_k}{r_{c2}} + \dots + q_n \ln \frac{r_k}{r_{2n}} = \frac{2\pi kh}{\mu} (\Delta p_2 - \Delta p_{02}) \\ \dots \dots \dots \\ q_1 \ln \frac{r_k}{r_{n1}} + q_2 \ln \frac{r_k}{r_{n2}} + \dots + q_n \ln \frac{r_k}{r_{cn}} = \frac{2\pi kh}{\mu} (\Delta p_n - \Delta p_{0n}) \end{cases} \tag{6}$$

Здесь $\Delta p_1 = p_k - p_{c1}, \Delta p_2 = p_k - p_{c2}, \dots, \Delta p_n = p_k - p_{cn}$.

Подставляя нижеуказанные выражения

$$\begin{aligned} a_{11} &= \ln \frac{r_k}{r_{c1}}, \quad a_{12} = \ln \frac{r_k}{r_{12}}, \quad \dots, \quad a_{1n} = \ln \frac{r_k}{r_{1n}} \\ a_{21} &= \ln \frac{r_k}{r_{21}}, \quad a_{22} = \ln \frac{r_k}{r_{c2}}, \quad \dots, \quad a_{2n} = \ln \frac{r_k}{r_{2n}} \\ &\dots \dots \dots \\ a_{n1} &= \ln \frac{r_k}{r_{n1}}, \quad a_{n2} = \ln \frac{r_k}{r_{n2}}, \quad \dots, \quad a_{nn} = \ln \frac{r_k}{r_{cn}} \end{aligned} \tag{7}$$

здесь $r_{c1} = r_{c2} = \dots = r_{cn} = r_c$,

в (6) получаем систему n уравнений для определения дебитов q_1, q_2, \dots, q_n в виде:

$$\begin{cases} q_1 a_{11} + q_2 a_{12} + \dots + q_n a_{1n} = c_1 \\ q_1 a_{21} + q_2 a_{22} + \dots + q_n a_{2n} = c_2 \\ \dots \dots \dots \\ q_1 a_{n1} + q_2 a_{n2} + \dots + q_n a_{nn} = c_n \end{cases} \tag{8}$$

Решение этого уравнения имеет вид:

$$q_1 = \frac{\Delta q_1}{\Delta}, \quad q_2 = \frac{\Delta q_2}{\Delta}, \quad \dots, \quad q_n = \frac{\Delta q_n}{\Delta}, \tag{9}$$

где

$$\Delta q_1 = \begin{vmatrix} c_1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ c_2 & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_n & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}, \quad \Delta q_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & c_1 & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & c_2 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & c_n & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}, \quad \dots, \quad \Delta q_n = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & c_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & c_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & c_n \end{vmatrix} \tag{10}$$

Учитывая (9) и (10) можно получить формулы для дебитов n скважин. Например, для n=2,3 для дебита q_1 можно получить следующие выражение:

$$q_1 = \frac{2\pi kh \left[(\Delta p_1 - \Delta p_{01}) \ln \frac{r_k}{r_c} - (\Delta p_2 - \Delta p_{02}) \ln \frac{r_k}{2a} \right]}{\mu \ln \frac{2a}{r_c} \ln \frac{r_k}{2ar_c}}, \tag{11}$$

$$q_1 = \frac{2\pi kh \left[(\Delta p_1 - \Delta p_{01}) \left(\left(\ln \frac{r_k}{r_c} \right)^2 - \left(\ln \frac{r_k}{2c} \right)^2 \right) + (\Delta p_2 - \Delta p_{02}) \left(\ln \frac{r_k}{2b} \ln \frac{r_k}{2c} - \ln \frac{r_k}{2a} \ln \frac{r_k}{r_c} \right) + (\Delta p_3 - \Delta p_{03}) \left(\ln \frac{r_k}{2a} \ln \frac{r_k}{2c} - \ln \frac{r_k}{2b} \ln \frac{r_k}{r_c} \right) \right]}{\mu \ln \frac{r_k}{r_c} \left[\left(\ln \frac{r_k}{r_c} \right)^2 - \left(\ln \frac{r_k}{2b} \right)^2 - \left(\ln \frac{r_k}{2c} \right)^2 + 2 \ln \frac{r_k}{2a} \ln \frac{r_k}{2b} \ln \frac{r_k}{2c} \right]}, \tag{12}$$

В связи с громоздкостью выражений аналогичные формулы для q_2, q_3 не приводятся.

Таким образом, в статье получены формулы для притока жидкости к n числу скважин в пласте с удаленным контуром питания с учетом влияния начальных градиентов давлений.

Литература:

1. Басниев К. С. Нефтегазовая гидромеханика /К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Г. Д. Розенберг.— Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.
2. И. Р. Гасанов, М. А. Джамалбеков. Плоскорадиальный поток несжимаемой жидкости в слоисто-неоднородном пласте с различными начальными градиентами давления. Научно-методический журнал «Вестник науки и образования» № 22 (76), 2019 Ноябрь, с. 97–99
3. И. Р. Гасанов, М. А. Джамалбеков. Плоскорадиальный поток несжимаемой жидкости в зонально-неоднородном пласте с учетом влияния начального градиента давления. Научно-теоретический журнал «Наука, образование и культура» № 9 (43), 2019 Ноябрь, с. 53–55
4. И. Р. Гасанов, М. А. Джамалбеков. Плоскорадиальное вытеснение нефти водой с учетом влияния начального градиента давления. Научный журнал «Наука, образование и культура» № 10 (44), 2019 Декабрь, с. 11–15.
5. И. Р. Гасанов, М. А. Джамалбеков. Обобщенная методика интерпретации данных гидрогазодинамических исследований при нелинейных законах фильтрации с учётом влияния начального градиента. Научно методический журнал «Вестник науки и образования» 2020. No 3 (81). Часть 1. с. 97–102.

Проведение оценки состояния силового трансформатора по результатам технического диагностирования

Кошекбай Максат Каскырбайулы, студент магистратуры
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина (г. Нур-Султан)

Было исследовано проведение оценки путем технического диагностирования. Сравнен жизненный цикл оборудования до проведения технической диагностики и после. На основе статистических данных проведен анализ влияния методов технического диагностирования на состояние оборудования. В качестве примера рассматривается силовой трансформатор.

Ключевые слова: силовой трансформатор, техническое диагностирование, оценка.

Выход из строя трансформаторов влечет за собой огромные экономические затраты, а также масштабы проблемы для населения. Поэтому для бесперебойной работы оборудования требуется периодическое проведение оценки и технической диагностики начиная с момента производства. Поэтому тема является актуальной и по сей день.

Проведение оценки технического состояния на определенных этапах жизненного цикла оборудования помогает своевременно выявлять дефекты и неисправности, а также продлевать срок его эксплуатации. В связи с этим можно сказать, что оценка технического состояния на определенных этапах жизненного цикла оборудования будет служить не только для определения состояния, а также для продления срока жизни оборудования. На ранних стадиях проведения обследования контроль состояния оборудования является затруднительным из-за малой информации и нехватки исходных данных.

Из-за неконтролируемых факторов (таких как окружающая среда (климатические условия), человеческий фактор, условия эксплуатации и т.п.) влияющих на электрооборудование в период его жизни создание модели жизненного цикла является тяжело реализуемым.

На основе статистических данных проведен анализ влияния методов технического диагностирования на состояние оборудования. В качестве примера рассматривается силовой трансформатор [1].

По результатам анализа построена функциональная зависимость состояния оборудования от времени его эксплуатации (Рис. 1).

Состояния оборудования описывается лингвистическими переменными, представленные четырьмя терминами [2]:

- исправное состояние D_1 , когда требованиям нормативно-технической документации соответствует все свойства объекта. Такое состояние считается работоспособным;
- неисправное, но работоспособное состояние D_2 , когда требованиям нормативно-технической документации соответствуют часть свойств объекта отвечающих за корректное выполнение заданных функции;
- неработоспособное, но ремонтпригодное состояние D_3 , когда объекту требуется капитального ремонта для перехода оборудования в работоспособное состояние. При этом проведение капитального ремонта должен быть экономически целесообразен;

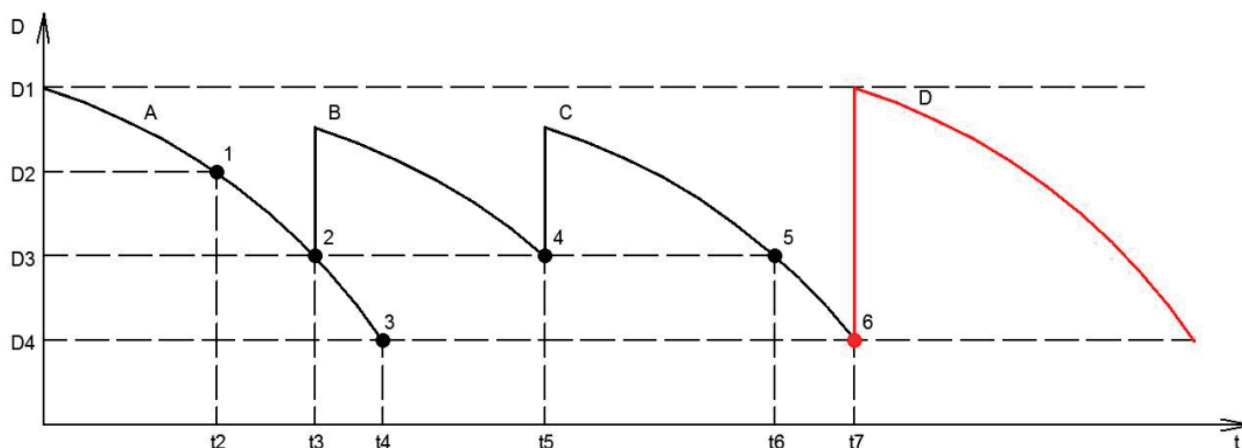


Рис. 1. Жизненный цикл оборудования без использования методов технической диагностики

– неработоспособное и неремонтпригодное состояние D_4 , когда проведение капитального ремонта является технически невозможным или экономически невыгодным. В таком случае проводится полная замена электрооборудования

Как показано на рисунке 1, D_1 – начальное состояние жизненного цикла трансформатора, а его эксплуатация описывается кривой А. Спустя примерно 12 лет с начала эксплуатации трансформатора, в точке 2, делается первый капитальный ремонт. Состояние трансформатора в момент проведения капитального ремонта соответствует D_3 и повышается до исправного состояния. Дальнейшее эксплуатация оборудования описывается кривым В.

Второй капитальный ремонт проводится спустя около 10 лет, когда состояние трансформатора снизится и снова будет соответствовать состоянию D_3 .

После второго капитального ремонта эксплуатация трансформатора описывается кривой С. Каждый такой ремонт восстанавливает оборудование до исправного состояния (но не первоначального).

Так как капитальный ремонт является трудозатратным и с технической и с экономической стороны в примере учитывается только капитальный ремонт (без текущей и т.п.).

В точке 5 оборудование вновь достигает состояния D_3 , после чего уже экономически невыгодно проводить капитальный ремонт. В точке 6, при достижении состояния D_4 , производят полную замену трансформатора.

В качестве примера представлена усредненная модель жизненного цикла силового трансформатора 110 кВ. В некоторых случаях число капитальных ремонтов для трансформаторов 110 кВ могут быть больше двух, а сроки проведения ремонтов могут отличаться от представленных в примере.

Графическая модель жизненного цикла трансформатора при использовании методов технического диагностирования изображена на рис. 2. Данные, полученные в результате тепловизионной диагностики были рассмотрены для анализа влияния применения методов технического диагностирования на жизненный цикл оборудования.

В данном случае проведение диагностирования оборудования осуществляется в точке 1, в промежутке между состояниями D_1 — D_2 , и не допускается падение состояния оборудования до состояния D_3

Основной задачей технического диагностирования путем оценки является поддержание состояния в интервале D_1 — D_2 и определение места и вида неисправностей. По регламенту,

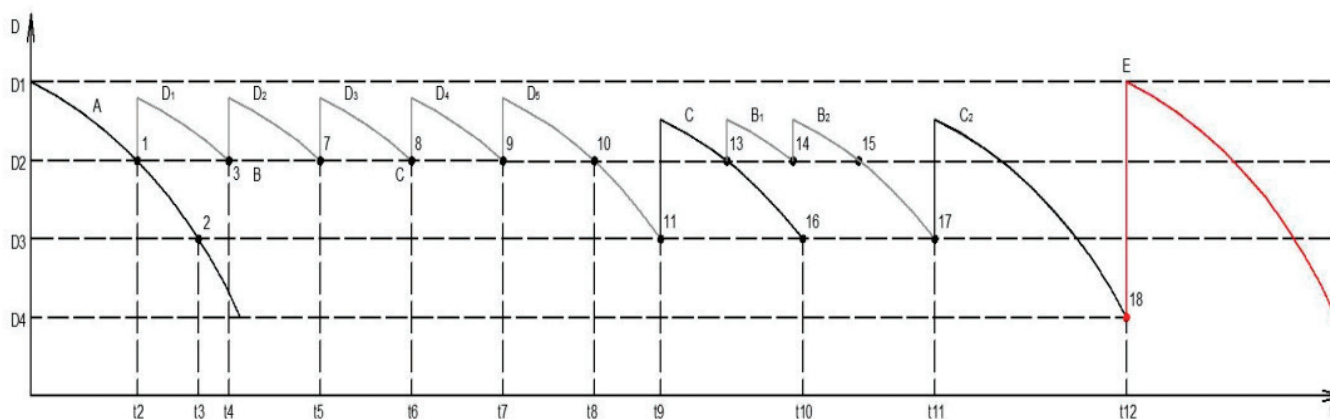


Рис. 2. Жизненный цикл оборудования при использовании методов технического диагностирования

частота проведения технического диагностирования 1 раз в 4–5 лет.

После достижения точки 10 (D_2), когда уже проведение технического диагностирования является экономический не выгодным, оборудование достигает точки 11 (D_3) и проводится капитальный ремонт.

После проведения капитального ремонта эксплуатация трансформатора описывается кривым С. Диагностирование оборудования возобновляется и описывается кривыми V_1 и V_2 .

Литература:

1. Давиденко И. В. Системы диагностирования высоковольтного маслонаполненного силового электрооборудования. / В. Н. Осотов // Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2003. — 117 с.
2. Хальясма А. И. Вопросы реализации оценки технического состояния электротехнического оборудования на электрических подстанциях / С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, М. В. Осотова // Вопросы современной науки и практики. — 2013. — № 1(45). — С. 289–300.

Исследование по усовершенствованию технологии производства слитков тантала методом вакуумно-дуговой плавки

Ларионов Роман Евгеньевич, студент магистратуры;

Масленников Олег Олегович, доктор PhD

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Тантал — металл серо-стального цвета с синеватым оттенком, открыт в 1802 году шведским химиком Экебергом в минералах, найденных в Финляндии и Швеции. Был назван в честь героя древнегреческой мифологии Тантала, осужденного на вечную жажду, что было связано с трудностями, возникшими при растворении оксида нового элемента в кислотах. В чистом виде пластичный тантал впервые получен в 1903 году немецким химиком Болтоном. Промышленное производство тантала началось в 1922 году в США.

Содержание тантала в земной коре 2·10–4% (по массе). Среди других металлов тантал занимает пятьдесят четвертое место, что характеризует его как редкий металл. В природе почти всегда встречается с ниобием. Тантал входит в состав почти ста минералов, основными из которых является танталит и колумбит.

Так как ниобий и тантал в большинстве случаев в природе встречаются совместно, поскольку их химические соединения обладают сходными химическими свойствами, первые открыватели этих элементов, несомненно, имели дело с обоими элементами одновременно.

Хатчет в 1801 году нашел в руде из Коннектикута «земельную кислоту» нового элемента, который он назвал в честь Америки колумбием. Возможно, Хатчет имел дело со смесью Nb_2O_5 и Ta_2O_5 неопределенного состава. Подобно этому Экеберг в финских и шведских рудах нашел $Ta(Nb)$ -кислоты и назвал их танталитами и иттротанталитами. Назвав тантал элементом, Экеберг определил его химическую природу. В 1844 году Розе в различных колумбитах обнаружил су-

ществование еще одного элемента и предложил для него название ниобий. При решении вопроса об идентичности двух элементов из имеющихся трех Волластон принял тождественность колумбия и ниобия: было установлено, что ниобий и колумбий один и тот же элемент.

Основное достоинство использования методов технического диагностирования — это существенное увеличение предельного эксплуатационного срока электросетевого оборудования. А полученные с помощью технического диагностирования данные позволяют получить достаточно полную информацию технического состояния большей части оборудования электростанции и подстанции.

Тантал — один из наиболее редких металлов, однако он вырабатывается в значительных количествах. Это, несомненно, обусловлено тем, что тантал нашел весьма широкое распространение в промышленности.

Механические свойства тантала достаточно хорошо изучены. При комнатной температуре тантал высокопластичен. Предел прочности тантала при комнатной температуре меняется от 190 до 1260 МН/м² в зависимости от степени чистоты и наклепа, т.е. от методов его получения и обработки. Так, предел прочности высокочистого тантала электронно-лучевой плавки (0,0016% O; 0,001% N; 0,00014% H и 0,003% C) в рекристаллизованном состоянии равен 194–234 МН/м². Тантал полученный методом порошковой металлургии, имеет значительно больше примесей внедрения (например 0,0056% O; 0,013% N и 0,02% C) и, одновременно, более мелкое зерно. Он имеет предел прочности в рекристаллизованном состоянии 270–460 МН/м². Пластичность в обоих случаях одинаков.

Изменение механических свойств тантала в зависимости от содержания кислорода приведено на рисунке 1 (цифрами обозначено: 1-предел прочности; 2-модуль упругости; 3-удлинение; 4-сужение). Насыщение тантала водородом приводит к его охрупчиванию. С повышением температуры поглощение водорода танталом сильно уменьшается.

Изменение механических свойств тантала в зависимости от содержания кислорода приведено на рисунке 1 (цифрами обозначено: 1-предел прочности; 2-модуль упругости; 3-удлинение; 4-сужение). Насыщение тантала водородом приводит к его охрупчиванию. С повышением температуры поглощение водорода танталом сильно уменьшается.

Так, при 300°C растворимость водорода составляет 33 г/см³, при 500°C 14 г/см³, при 700°C — 4,2 г/см³, 900°C — 1,8 г/см³ и 1200°C — 1,0 г/см³. При нагревании в вакууме водород на-

чинает выделяться при температуре 1000°C. С азотом, уже при 600°C тантал образует твердые растворы, но растворимость азота невелика.

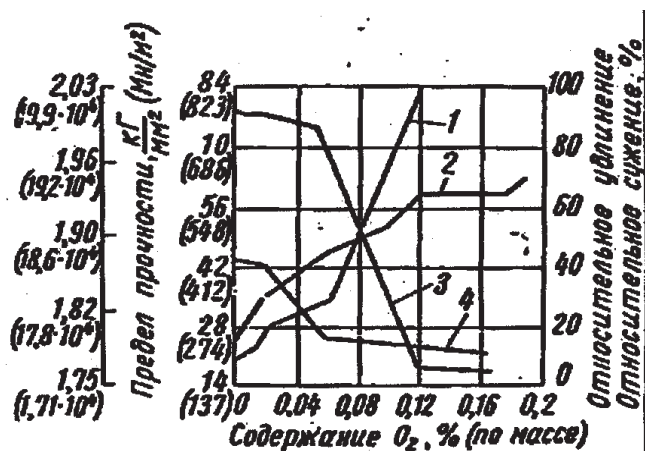


Рис. 1. Влияние содержания кислорода на механические свойства тантала при комнатной температуре

Азот ухудшает свариваемость тантала. При увеличении содержания газовых примесей в тантале ухудшаются показатели пластичности, повышается прочность, увеличивается период кристаллической решетки, твердость и др. Наиболее резко характеристики пластичности снижаются при растворении водорода [12.с.199–200].

Зависимость механических свойств тантала от чистоты и условий получения сохраняются и в случае испытаний его при повышенных температурах, рисунок 2. Особенно сильно она сказывается на интервале от 0 до 800°C. Нижние значения предела прочности на рисунке относятся к образцам электронно-лучевой или электронно-лучевой зонной плавки. В середине заштрихованной области находятся значения предела прочности образцов тантала, полученных методом порошковой металлургии с использованием двойного спекания в вакууме. Сверху заштрихованная область, отвечающая разбросу значений предела прочности тантала в зависимости от условий получения

и чистоты, ограничена значениями, относящимися к образцам, полученным вакуумно-дуговой плавкой или методами порошковой металлургии. Чистота тантала и условия его получения не сказываются на его механических свойствах в интервале температур, начиная от 1600°C и выше; практически все образцы показали весьма близкие значения предела прочности, а также показатели пластичности [11.с.196–197].

Характерной особенностью технически чистого тантала является очень интенсивное деформационное старение в интервале от комнатных температур до 500°C при испытании на растяжение. Очень сильное старение наблюдается у металло-керамического тантала. У тантала электронно-лучевой плавки оно значительно меньше. Предполагается, что при 50°C интенсивность деформационного старения связана с примесями углерода и кислорода, а при 400°C — с примесями азота. В соответствии с этим на кривой зависимости предела прочности от температуры наблюдается два максимума: при 50°C и 400°C.

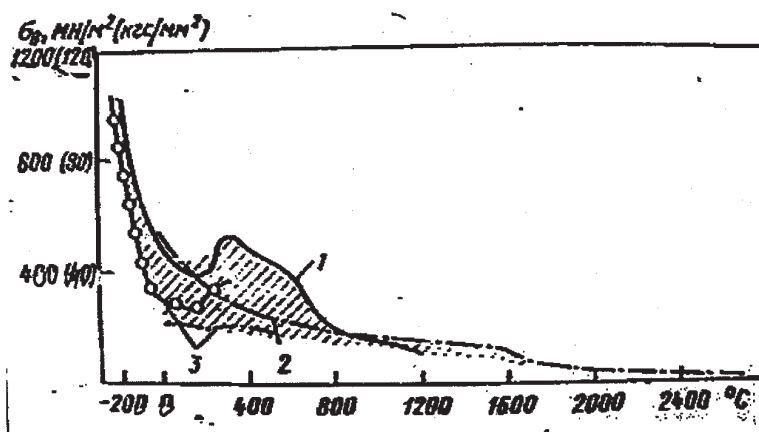


Рис. 2. Предел прочности при растяжении тантала различной степени чистоты в зависимости от температуры:
 1 — тантал дуговой плавки и спеченный тантал; 2 — тантал двукратного вакуумного спекания;
 3 — тантал электронно-лучевой или электронно-лучевой зонной плавки

Упрочнение чистых, свободных от кислорода, углерода и азота, металлов VA группы возможно только путем деформации. Поскольку эти металлы не имеют никаких аллотропических превращений, они не подвергаются упрочняющей термической обработке. Только при изменении технически чистых исходных порошков становятся заметными изменения твердости, вызванные появлением мелкодисперсных карбидов, нитридов и т.д. Тантал при чистоте более 99,9% (как спеченный, так и сплавленный) в холодном состоянии пластичен. После высокой степени обжатия (70–95%) листы, прутки или изделия сложной формы перед дальнейшей холодной деформацией должны подвергаться смягчающему вакуумному отжигу при 1000–1600°C, лучше при 1100–1400°C [2, с. 101–102]. Холодный наклеп поднимает предел прочности до значений 700–800 МН/м² при прокате и до 1260 МН/м² при волочении [11.с.196]. Слитки металла высокой чистоты, например выплавленного на электронно-лучевой печи, в большинстве случаев не требуют вакуумного от-

жига перед окончательной обработкой, рисунок 3. Допускается подогрев металла до 150–300°C, т.е. ниже температуры реакции с воздухом, водяным паром, окисью углерода, двуокисью углерода и т.д. При более высокой температуре начинается все усиливающееся растворение кислорода и азота, а также образование окислов и нитридов, поэтому деформацию металлов VA группы в горячем состоянии без специальной защиты, также как для жаропрочных молибденовых сплавов, проводить невозможно.

Подробно изучена длительная прочность и ползучесть тантала. Эти характеристики во многом зависят от условий опыта (состояния образца, атмосферы, в которой проводили испытания), метода получения образцов и от термической обработки, которой был подвергнут образец. Так, в зависимости от того, проводили ли испытания в инертной атмосфере или в вакууме, напряжение, необходимое для достижения 1% деформации тантала в течение 24 часов при 1000°C, меняется в пределах от 47 до 62,5 МН/м².

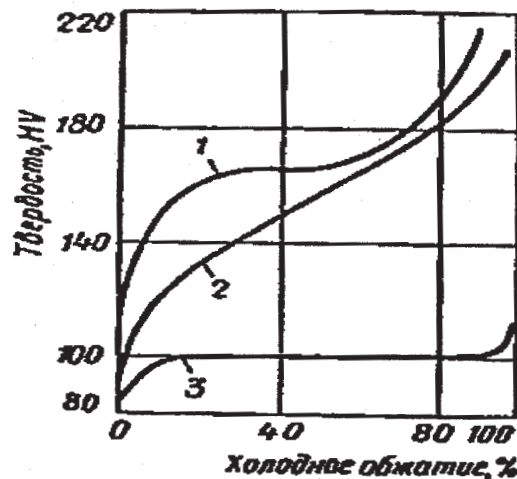


Рис. 3. Зависимость прочности тантала от степени наклепа:
1 — дуговая плавка; 2 — спеченный порошок; 3 — электронно-лучевая плавка

Чистый тантал имеет при высоких температурах очень низкое сопротивление ползучести и малую длительную прочность: 1001400 составляет всего 7 МН/м². Примеси азота существенно повышают характеристики. Так увеличение содержания азота в тантале электронно-лучевой плавки от 0,001 до 0,025% (по массе) повышает сточасовую прочность при 750 и 1000°C соответственно на 21 и 13%. Длительная прочность для меньших временных интервалов повышается более резко.

Упрочнение тантала при легировании его кислородом наблюдается лишь для 0,1 и 1-часовой прочности.

Из всех примесей внедрения наиболее сильное упрочняющее влияние на тантал оказывает углерод. При этом по сравнению с чистым металлом этот эффект особенно резко проявляется с повышением температуры и времени испытания.

Следует также отметить, что температура начала рекристаллизации тантала, как и других металлов, зависит от степени деформации. Чем выше степень деформации, тем ниже температура начала рекристаллизации.

На диаграмме рекристаллизации, рисунок 4, можно проследить кинетику этого процесса при изменении степени деформации в процессе холодной прокатки и температуры отжига.

Критическая степень деформации находится в пределах 7–10%. Резкий рост зерна при отжиге холоднотемперированных образцов наблюдается при 1800°C и выше. Начало рекристаллизации отмечается в интервале 1200°C. Имеются сообщения, что температура начала рекристаллизации тантала после отжига в течение 1 часа составляет 1090°C — для деформации на 80%, 1177°C — для 40% и 1205°C — для 20% деформации.

Холоднотемперированный на 95% тантал электронно-лучевой плавки при отжиге в течение 1 часа при 900°C рекристаллизуется на 50%. Есть сведения, что в спеченном тантале начало рекристаллизации наблюдается в интервале 800–1000°C в зависимости от чистоты и степени деформации. Среди примесей замещения наиболее эффективно повышают температуру начала рекристаллизации добавки молибдена и вольфрама.

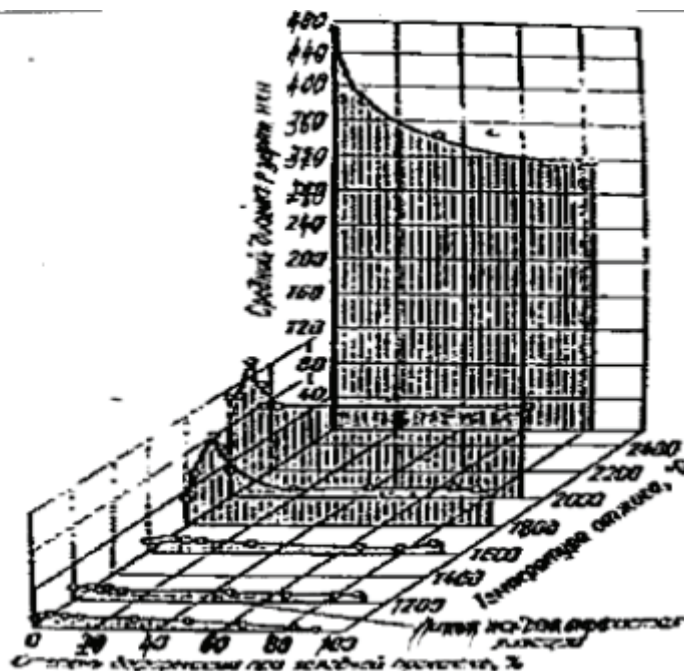


Рис. 4. Диаграмма рекристаллизации тантала (по Е. М. Савицкому)

Литература:

1. Химия и технология редких и рассеянных элементов, ч. 2 / Под ред. К. А. Большакова, П. С. Киндяков, Б. Г. Коршунов, П. И. Федоров, И. П. Кисляков. — М.: Высшая школа, 1976. — 320 с.
2. Рафинирующие переplавы стали из сплавов в вакуум / Под ред. В. А. Бояринова. — М.: Металлургия, 1979. — 263 с.
3. Металлургия редких металлов / Под ред. А. Н. Зеликман, О. Е. Крейн, Г. М. Самсонов. — М.: Металлургия, 1964. — 568 с.
4. Свойства элементов / Справочник под ред. М. Е. Дрица. — М.: Металлургия, 1985. — 632 с.
5. Громковский Я. Н. Технология высокого вакуума. — М.: Издательство иностранной литературы, 1957. — 539 с.
6. Волохонский Л. А. Вакуумные дуговые печи. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 232 с.
7. Егоров А. В., Моржин А. Ф. Электрические печи. — М.: Металлургия, 1975. — 352 с.
8. Белянчиков Л. Н. Основы расчета дуговых вакуумных печей. — М.: Металлургия, 1968. — 112 с.

Использование устройств релейной защиты и автоматики в защите сетей 6–10 кВ

Мавлянов Асилбек Айбекович, студент магистратуры
 Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва)

На территории России и СНГ линии напряжением 6–10 кВ является весьма распространенными. Они используются в питающих и распределительных сетях городских и сельских потребителей, а также в схемах электроснабжения промышленных предприятий небольшой мощности.

На кабельных и воздушных линиях этих напряжений в результате перекрытия проводов, проникновения посторонних предметов на токоведущие части, пробоя изоляции, а также других причин в них могут возникнуть короткие замыкания. Короткие замыкания могут представлять серьезную опасность здоровью и жизни людей, самих линий и питаемого электрооборудования. Их различают на:

Однофазные — при замыкании одной фазы на землю либо на нейтральный провод;

Междуфазные — замыкание двух либо трех фаз между собой;

Многофазные на землю — замыкание фаз между собой и на землю.

Многолетний опыт показывает, что наиболее надежным средством защиты являются применение устройств релейной защиты. Релейная защита обеспечивает согласованность действий устройств, расположенных на значительных расстояниях друг от друга, которое достигается за счет определенных параметров срабатывания.

На способы защиты линий важную роль играет режим нейтрали. В сетях напряжением 6–10 кВ обычно используют изолированную нейтраль либо заземленную через дугогасящий реактор (ДГР). Согласно ПУЭ [1], в этих сетях должна предусматриваться релейная защита от многофазных и однофазных замыканий.

Защиту от многофазных КЗ в сетях 6–10 кВ сельской местности выполняют в двухфазовом исполнении, где должно соблюдаться условия установки трансформаторов тока на одинаковые фазы (обычно это фазы «А» и «С»). Количество используемых реле зависит от требований чувствительности и надежности. Обычно используется двухрелейное исполнение, реже трехрелейное.

Самой простой и наиболее часто встречающийся вариант защиты — это максимальная токовая защита (МТЗ). Она обеспечивает защиту линий от многофазных КЗ. Принцип действия довольно прост: защита реагирует на увеличение тока

в защищаемой линии. Срабатывание происходит, когда аварийный ток достигает значения уставки, тем самым отключая поврежденную линию от энергосистемы. Важно, чтобы ток срабатывания соответствовал условию:

$$I_{нагр.макс} < I_{сз} < I_{к.мин}$$

То есть ток срабатывания должен быть больше максимального тока нагрузки и меньше минимального тока короткого замыкания, чтобы обеспечить высокую чувствительность на всем защищаемом участке. МТЗ считается защитой с относительной селективностью. Селективность обеспечивается выдержкой времени по ступенчатому принципу. Чем ближе защита к источнику питания, тем больше время срабатывания. Разность между смежными защитами — это ступень селективности.

Иначе говоря, при замыкании в точке К1 быстрее всех сработает защита на участке D, а при повреждении в точке К2 — в первую очередь сработает защита на участке с. (рис. 1)

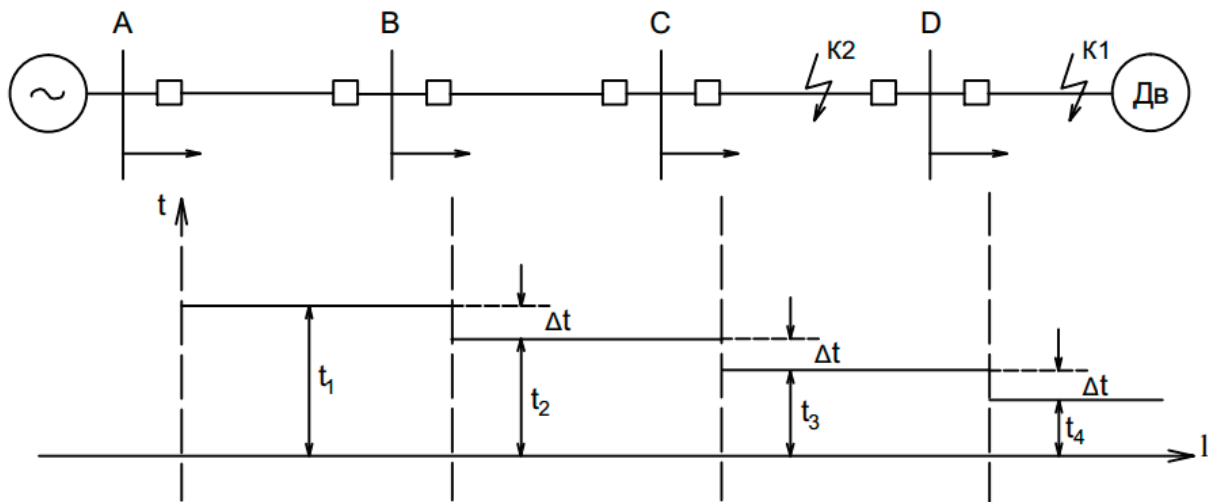


Рис. 1. Максимальные токовые защиты в радиальной сети с односторонним питанием. t_1, t_2, t_3, t_4 — время срабатывания защит на участках А, В, С, D соответственно; Δt — ступень селективности

МТЗ часто применяют вместе с токовой отсечкой (ТО) — двухступенчатая защита. Применяется обычно токовая отсечка без выдержки времени и устанавливается в начале защищаемого участка. Токовая отсечка с выдержкой времени может быть применена в качестве защиты ближнего резервирования, ее уставка по току выбирается из условия охвата шин нижестоящей подстанции, уставка по времени отстраивается от ТО смежной линии.

В одиночных линиях с односторонним питанием первой ступенью служит — токовая отсечка, а второй — максимальная токовая защита с зависимой или независимой выдержкой времени.

- Трехступенчатая защита применяется редко. Она состоит из:
- первой ступени — токовой отсечки без выдержки времени.
 - второй ступени — токовой отсечки с выдержкой времени.
 - третьей ступени — МТЗ.

Первая ступень защиты предназначена для отключения без выдержки времени КЗ в начале защищаемой линии.

Вторая ступень с выдержкой времени порядка 0,5 сек. защищает конец линии. Выдержка времени 0,5 сек. необходима для обеспечения селективности с первыми ступенями защит (токовыми отсечками без выдержки времени) следующих линий.

В электрических сетях с двухсторонним питанием и в кольцевых сетях обычные токовые защиты не могут действовать селективно. Например, в электрической сети с двумя источниками питания, где выключатели и защиты установлены с обеих сторон каждой линии, при повреждении в точке К1 (рис. 2) должны выполняться следующие условия выбора выдержек времени срабатывания МТЗ:

$$t_{сз2} < t_{сз3} < t_{сз4} < t_{сз5} < t_{сз6}$$

При КЗ в точке К2

$$t_{сз1} < t_{сз2} < t_{сз3} \text{ и } t_{сз4} < t_{сз5} < t_{сз6}$$

При КЗ в точке К3

$$t_{сз1} < t_{сз2} < t_{сз3} < t_{сз4} < t_{сз5}$$

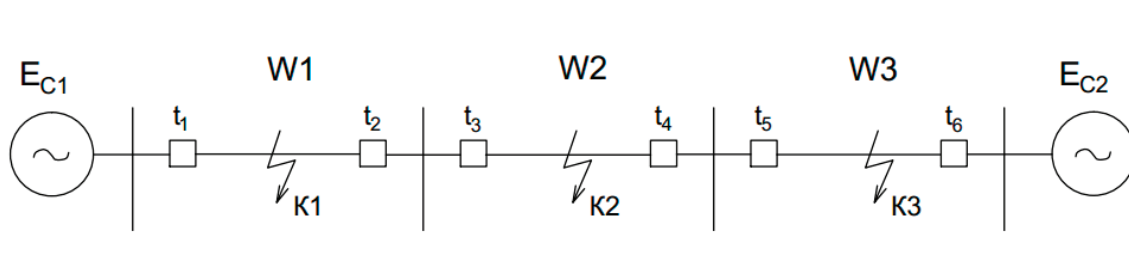


Рис. 2. Электрическая сеть с двумя источниками питания

Эти требования противоречивы и не могут быть выполнены в одной системе защит. Для обеспечения селективного действия токовых защит в этих условиях необходимо использовать дополнительный признак, характеризующий расположение места повреждения относительно защит. В качестве этого признака можно использовать направление мощности в месте установки защиты. Для того чтобы обеспечить селективное действие МТЗ, нужно разрешить действовать только тем защитам, направление мощности короткого замыкания в месте установки которых — от шин к линии. Тогда выполнять согласование по времени срабатывания необходимо только для тех защит, действие которых разрешено. Защита часто строится на основе реле направления мощности.

Однофазные замыкания, согласно [2] не является аварией. Потребители, которые включены на междуфазные напряжения продолжают нормально работать. Это дает возможность вы-

полнять защиту от замыкания на землю на сигнал. Однако, длительная работа сети при замыкании одной фазы на землю недопустима из-за возможности нарушения междуфазной изоляции в месте повреждения и перехода однофазного замыкания в многофазное. Опасность нарушения изоляции может возникать не только в результате длительности тока при $K3$, но и его величиной. Поэтому уставки защит выбирают таким образом, чтобы они были больше величин токов ОЗЗ. В зависимости от напряжения и вида опор линий токи бывают разные. Таким образом, допустимые токи на землю обычно меньше рабочих токов защищаемого объекта. В связи с этим используют *токовую защиту нулевой последовательности*. А именно, линию включают с реле на фильтр тока нулевой последовательности, которая срабатывает при прохождении по поврежденному участку тока нулевой последовательности (рис. 3).

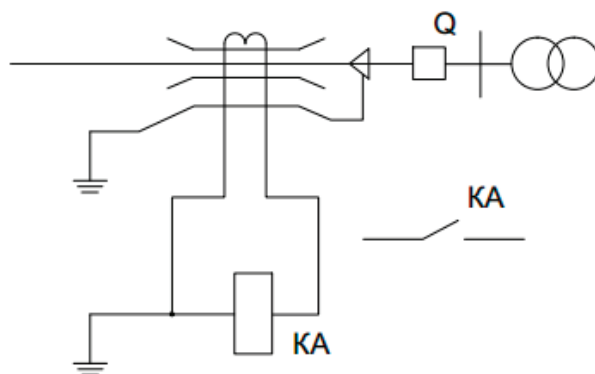


Рис. 3. Включение реле на фильтр нулевой последовательности

Если в установившемся режиме собственный емкостный ток линии в сетях с изолированной нейтралью равен току ОЗЗ, то в этом случае применяют *направленную защиту нулевой последовательности* или устройство сигнализации, показывающее величину и направление тока $K3$.

Еще одной разновидностью защит, применяемых в сетях напряжением 6–10 кВ, является автоматическое повторное включение (АПВ). Ее функцией является включение защищаемой линии при неустоявшихся $K3$. К примеру, при ветреной погоде

ветка дерева, растущего вблизи ВЛ, может временно коснуться одной фазы линии. Во избежание многократных включений АПВ выполняется на однократное или двукратное включение. На третий раз включение происходит вручную оперативным персоналом.

Помимо приведенных существуют еще множество видов защит, применяемых в данных сетях. Их выбор определяется требованием надежности, режимом работы и разветвленностью.

Литература:

1. Правила устройства электроустановок. Издание 7-е, 2017

2. Андреев, В.А.— Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учеб. для вузов по спец. «Электроснабжение» — 3-е изд, перераб. и доп.— М.: Высшая шк., 1991.—496с.: ил.
3. РЗ электрических сетей 6–35 кВ. Текст: электронный // rza-lekcii.ru: [сайт].— URL: <http://rza-lekcii.ru/2/4/2.html>.
4. Чернобровов, Н. В. Релейная защита. Учебное пособие для техникумов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1971. 624 с. с илл.
5. Булычев А. В., Наволочный А. А.— Релейная защита распределительных сетей в примерах и задачах с решениями: учеб. пособие — Чебоксары: Изд-во Чуваш.ун-та, 2010.—202 с.
6. Кожин А. Н. Релейная защита линий 3–10 кВ на переменном оперативном токе. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», 1971.

Адаптирование типовой системы управления охраной труда

Ольшевский Владимир Александрович, специалист по охране труда
ГБУ «Жилищник района Замоскворечье» (г. Москва)

Адаптирована типовая система управления охраной труда (СУОТ). Выделяются две системы: система управления гигиеной труда (СУГТ) и система управления безопасностью труда (СУБТ)

Ключевые слова: безопасность труда, гигиена труда

В соответствии с частью 3 статьи 37 Конституции Российской Федерации каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены [1].

В соответствии со статьей 1 Трудового кодекса РФ одной из основных задач трудового законодательства является правовое регулирование трудовых отношений по организации и управлению трудом [2].

Типовыми процедурами, направленными на достижение целей работодателя в области охраны труда являются: подготовка работников по охране труда; организации и проведения оценки условий труда; управление профессиональными рисками; организация и проведение наблюдения за состоянием здоровья работников; информирования работников об условиях труда на их рабочих местах, уровнях профессиональных рисков, а также о предоставляемых им гарантиях, полагающихся компенсациях; обеспечение оптимальных режимов труда и отдыха работников; обеспечение работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, смывающими

и обезвреживающими средствами; обеспечение работников молоком и другими равноценными пищевыми продуктами, лечебно-профилактическим питанием; обеспечение безопасного выполнения подрядных работ и снабжения безопасной продукцией; планирование мероприятий по реализации процедур; контроль функционирования СУОТ и мониторинг реализации процедур; планирование улучшений функционирования СУОТ; реагирование на аварии, несчастные случаи и профессиональные заболевания; управление документами СУОТ [3].

Для адаптации типовой системы управления охраной труда рекомендуется проиллюстрировать состав и содержание обязанностей работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда.

В результате адаптации СУОТ достигнут следующий результат. Типовые процедуры, направленные на достижение целей работодателя в области охраны труда, образуют две системы: Система управления гигиеной труда (СУГТ) и Система управления безопасностью труда (СУБТ).

Таблица 1. Состав и содержание обязанностей работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда (ст. 212 ТК РФ)

ТИПОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА (СУОТ)		
Система управления безопасностью труда (СУБТ)	Система проектирования производственной среды (САПР)	Система управления гигиеной труда (СУГТ)
Обучение, инструктаж, проверка знаний, средства индивидуальной и коллективной защиты	РАБОТНИКИ	Режим труда/отдыха, медицинские осмотры, психиатрическое освидетельствование, информирование о рисках повреждения здоровья
Предотвращение аварийных ситуаций путем установления Правил внутреннего технического (техно-логического) распорядка	Здания, сооружения, оборудование, технологический процесс, инструменты, сырье, материалы, рабочее место, санитарно-бытовые помещения, помещения для приема пищи, помещения для оказания медицинской помощи, комнаты для отдыха в рабочее время и психологической разгрузки	Специальная оценка и производственный контроль условий труда, предотвращение прямого биологического воздействия опасных и вредных производственных факторов

Системы СУТТ и СУБТ имеют общий предмет регулирования: «производственная среда», однако отличаются методом правового регулирования. СУТТ направлена на санитарно-гигиеническую оценку производственной среды, на оценку непосредственно действующих на работников вредных и (или) опасных факторов. Цель достигается недопуском в производственную среду работников, имеющих противопоказания, запретом применения в производственной среде вредных или опасных веществ, материалов, продукции, товаров, оценка которых не проводилась.

Система управления безопасностью труда (СУБТ) направлена на организацию, проектирование производственной среды: синтез схем (технологических, конструктивных, электроснабжения и др.; определение размеров потоков (материальных, электрических, силовых, размещение элементов схем в пространстве и т.п.). СУБТ устанавливает локальные Правила внутреннего технического (технологического) распорядка для предотвращения аварийных ситуаций.

Литература:

1. Конституция Российской Федерации — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>, свободный.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>, свободный.
3. Типовое положение о системе управления охраной труда (утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 19 августа 2016 года № 438н) — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>, свободный.
4. Конвенция N155 Международной организации труда «О безопасности и гигиене труда и производственной среде» (принята в г. Женеве 22.06.1981 на 67-й сессии Генеральной конференции МОТ) — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>, свободный.
5. Конвенция № 161 Международной организации труда «О службах гигиены труда» (принята в г. Женеве 07.06.1985) — Режим доступа: <https://www.ilo.org>, свободный.

Характер образования пластических деформаций в толстых железобетонных балках

Шаронин Никита Максимович, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В данной статье описывается характер возникновения пластических деформаций бетона в железобетонных балках с большой высотой поперечного сечения. Проводятся расчеты определенного количества толстых балок по нормальным и наклонным сечениям с целью определения зависимости развития пластических деформаций от геометрических параметров балок. Описываются результаты расчета предложенных толстых балок, проводимые в программно-вычислительном комплексе ANSYS Workbench методом конечных элементов. По результатам расчета программы для каждой из балок составлена схема распространения эквивалентных напряжений в теле балки и построен график образования и развития трещин. По полученным расчетным данным можно сформулировать обобщенные выводы относительно образования пластических деформаций в толстых железобетонных балках и плитах, закрепленных по двум противоположным сторонам.

Ключевые слова: толстые железобетонные балки, пластические деформации, пролет среза, распределение напряжений, трещинообразование, напряженно-деформированное состояние.

Форма образования пластических деформаций железобетонных плит и балок большой толщины (высоты поперечного сечения) имеет ряд особенностей, слабо выраженных для обычных железобетонных плит и балок. Охарактеризовать плиту или балку, как толстую или высокую, можно исходя из соотношения ее пролета к высоте сечения (для толстых конструкций $l/h < 5$ [1]). Иными словами, чтобы определить, является ли балка толстой, необходимо ориентироваться не только

Понятие «организация труда» первично по отношению к понятию «управление трудом». СУБТ безопасно организует производственную среду, взаимодействие составных частей производственной среды. СУТТ управляет производственной средой, оценивает производственную среду, разрешает или запрещает производственную среду.

Типовые процедуры, направленные на достижение целей работодателя в области охраны труда, являются продолжением проектных процедур создания (проектирования) производственных сред (САПР), СУТТ и СУБТ совместимы с проектом производства.

Предложенная адаптация типовой системы управления охраной труда интегрирована с частью 3 статьи 37 Конституции РФ, Конвенцией N155 Международной организации труда «О безопасности и гигиене труда и производственной среде» [4], Конвенцией № 161 Международной организации труда «О службах гигиены труда» [5].

на высоту ее сечения, но и на величину пролета, которую данная балка перекрывает.

Далее будут приведены результаты расчетов толстых железобетонных балок, в целях определения зависимости характера образования пластических деформаций, от различных значений пролетов балок относительно их толщины. В таблице 1 приведены основные геометрические и конструктивные параметры балок. Все балки выполнены из бетона класса В30, ар-

мированные только нижней продольной арматурой класса А400. По мере возрастания марки балки увеличивается ее длина и пролет, вследствие чего возрастают значения соотношений l/h и a/h_0 — отношение пролета к толщине конструкции и пролет среза соответственно. Все рассчитанные балки имеют

одинаковый вид расчетной схемы — свободное опирание по двум противоположным концам, и воспринимают сосредоточенную возрастающую нагрузку, приложенную в центре пролета. Общий вид расчетной схемы и схема армирования балок представлены на рисунке 1.

Таблица 1. Характеристики толстых балок

№ п/п	Марка	Геометрические размеры						Пролет среза a/h_0	l/h	Продольная арматура	Коэффициент армирования $\mu, \%$
		$b, \text{ мм}$	$h, \text{ мм}$	$h_0, \text{ мм}$	$L, \text{ мм}$	$l, \text{ мм}$	$a=0,5l, \text{ мм}$				
1	Б-1	250	450	400	400	200	100	0,25	0,44	4 ϕ 12 А400	0,452
2	Б-2	250	450	400	600	400	200	0,5	0,89	4 ϕ 12 А400	0,452
3	Б-3	250	450	400	800	600	300	0,75	1,33	4 ϕ 12 А400	0,452
4	Б-4	250	450	400	1000	800	400	1	1,78	4 ϕ 12 А400	0,452
5	Б-5	250	450	400	1200	1000	500	1,25	2,22	4 ϕ 12 А400	0,452
6	Б-6	250	450	400	1400	1200	600	1,5	2,67	4 ϕ 12 А400	0,452
7	Б-7	250	450	400	1600	1400	700	1,75	3,11	4 ϕ 12 А400	0,452
8	Б-8	250	450	400	1800	1600	800	2,0	3,56	4 ϕ 12 А400	0,452
9	Б-9	250	450	400	2200	2000	1000	2,5	4,44	4 ϕ 12 А400	0,452
10	Б-10	250	450	400	2600	2400	1200	3,0	5,33	4 ϕ 12 А400	0,452

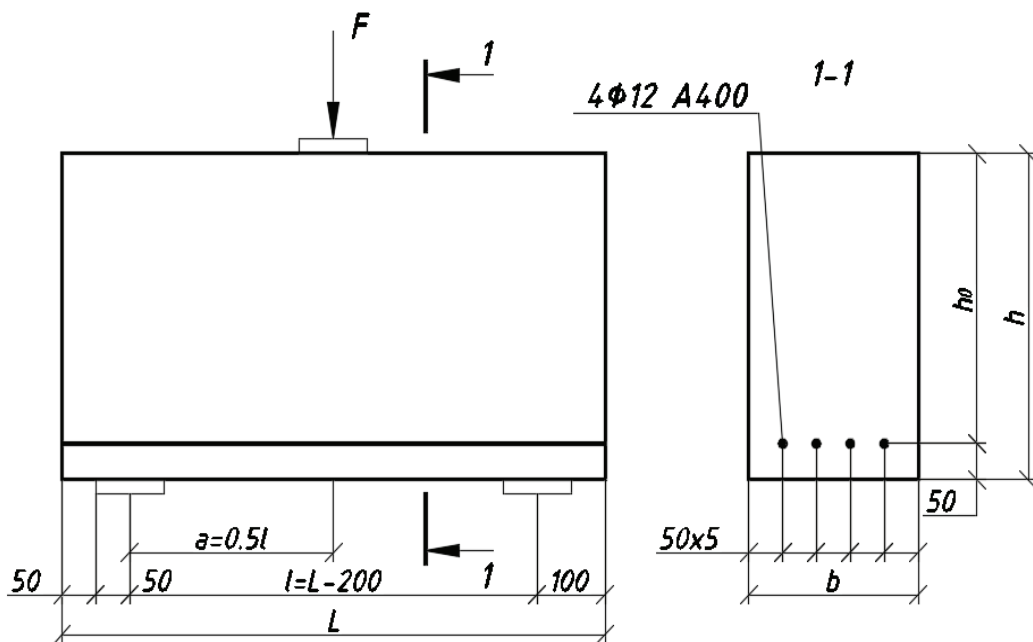


Рис. 1. Схема армирования балок

Толстые железобетонные балки рассчитывались двумя способами: методом расчета, указанным в СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции» [2], и методом конечных элементов (МКЭ) с помощью программно-вычислительного комплекса ANSYS Workbench.

Результаты расчетов балок по нормальным и наклонным сечениям при помощи методов расчета изгибаемых железобетонных элементов, предложенных в СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции» [2], представлены в таблице 2. При этом, предельный изгибающий момент M_{ult} ,

воспринимаемый нормальным сечением балки, определяется по формуле [2]:

$$M_{ult} = R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5x) \tag{1}$$

где R_b — расчетное сопротивление бетона сжатию для класса В30 [2];

x — высота сжатой зоны бетона.

Значение внешней сосредоточенной нагрузки F_{cr1} соответствует разрушающей силе, которую воспринимает балка при достижении значения изгибающего момента в центре её пролета предельной величины M_{ult} .

Момент трещинообразования M_{cr} определен по формуле [2]:

$$M_{cr} = R_{bt,ser} \cdot W_{pl} \quad (2)$$

где $R_{bt,ser}$ — нормативное сопротивление бетона растяжению для класса В30 [2];

W_{pl} — упругопластический момент сопротивления сечения для крайнего растянутого волокна бетона.

В зависимости от марки балки изменяется значение внешней сосредоточенной нагрузки F_{cr} , соответствующей моменту трещинообразования M_{cr} .

Расчет по наклонным сечениям производился исходя из условия [2]:

$$Q \leq Q_b = \frac{\phi_{b2} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{C} \quad (3)$$

где Q_b — поперечная сила, воспринимаемая бетоном в наклонном сечении;

ϕ_{b2} — коэффициент, равный 1,5;

R_{bt} — расчетное сопротивление бетона растяжению для класса В30 [2];

C — длина проекции наклонного сечения на продольную ось элемента, принимаемая равной не менее h_0 и не более $2h_0$.

Значение внешней сосредоточенной силы F_{cr2} соответствует поперечному усилию в наклонном сечении балки, равному Q_b .

Таблица 2. Результаты расчетов толстых балок

№ п/п	Марка	M_{ult} , кН·м	F_{cr1} , кН	M_{cr} , кН·м	F_{cr} , кН	Q_b , кН	F_{cr2} , кН
1	Б-1	60,34	1206,7	20,06	401,1	172,5	345,0
2	Б-2	60,34	603,4	20,06	200,6	172,5	345,0
3	Б-3	60,34	402,2	20,06	133,7	172,5	345,0
4	Б-4	60,34	301,7	20,06	100,3	138,0	276,0
5	Б-5	60,34	241,3	20,06	80,23	115,0	230,0
6	Б-6	60,34	201,1	20,06	66,86	98,57	197,1
7	Б-7	60,34	172,4	20,06	57,31	86,25	172,5
8	Б-8	60,34	150,8	20,06	50,14	86,25	172,5
9	Б-9	60,34	120,7	20,06	40,11	86,25	172,5
10	Б-10	60,34	100,6	20,06	33,43	86,25	172,5

Исходя из данных, указанных в таблице 2, можно заметить некоторые закономерности. Расчет конструкций по наклонным сечениям с учетом того, что в балках отсутствует поперечная арматура, указывает на то, что поперечные усилия в балке воспринимаются только бетоном. При этом, для балки Б-1 максимальная величина поперечного усилия, которую может воспринять бетон, составляет 172,5 кН при внешней нагрузке в 345,0 кН, в то время, как значение внешней нагрузки, соответствующее разрушению по нормальному сечению балки и соответствующее трещинообразованию по растянутой зоне балки в центре ее пролета значительно выше ($F_{cr1} > F_{cr} > F_{cr2}$). Исходя из этого, можно сделать вывод, что для балки Б-1 при увеличении внешней нагрузки образование наклонных трещин от точки приложения нагрузки до опоры произойдет раньше появления трещин по растянутой зоне бетона. То есть, разрушение балки Б-1 должно наступить по сжатой зоне бетона по наклонным сечениям.

Для балок Б-2 — Б-6 величина внешней сосредоточенной силы имеет зависимость $F_{cr1} > F_{cr2} > F_{cr}$, исходя из которой, можно предположить, что в ходе увеличения внешней нагрузки в первую очередь появятся трещины по растянутой зоне бетона, однако, значительное развитие этих трещин не предполагается из-за последующего образования наклонных трещин. При этом, так как $F_{cr1} > F_{cr2}$ следует предположить, что разрушение балок Б-2 — Б-6 произойдет по сжатой зоне бетона по наклонным сечениям. Также следует отметить, что при увеличении пролета

среза с 0,5 по 1,5 разница между значениями внешней нагрузки F_{cr1} и F_{cr2} резко уменьшается. Исходя из данной закономерности, можно предположить, что в ходе возрастания внешней нагрузки развитие нормальных трещин в растянутой зоне бетона толстой балки будет наиболее выраженным, чем большее значение имеет пролет среза балки a/h_0 .

В ходе увеличения пролета среза балки до 1,75 и выше (балки Б-7 — Б-10), наблюдается зависимость $F_{cr2} > F_{cr1} > F_{cr}$, характерная для обычных балок. То есть, при увеличении внешней нагрузки в первую очередь образуются нормальные трещины ближе к центру пролета балки, а разрушение происходит по растянутой зоне бетона. Так как отношение пролета балки Б-10 к её толщине $l/h > 5$, согласно [1], балка Б-10 уже не является толстой.

На рисунке 2 представлен график зависимости между значением внешней разрушающей нагрузки от величины пролета среза для балок Б-1 — Б-10, наглядно отображающий данные из таблицы 1 и 2. Можно отметить, что при значении пролета среза $a/h_0 = 1,75$ величины разрушающих нагрузок F_{cr1} и F_{cr2} становятся практически равными, что говорит о том, что форма образования пластических деформаций для балок с $a/h_0 > 1,75$ имеет черты, характерные обычным железобетонным балкам.

На рисунках 3–12 показано распределение эквивалентных напряжений в балках и указаны графики образования и развития трещин, составленные в ходе расчета толстых балок Б-1 — Б-10 при помощи программно-вычислительного комплекса ANSYS.

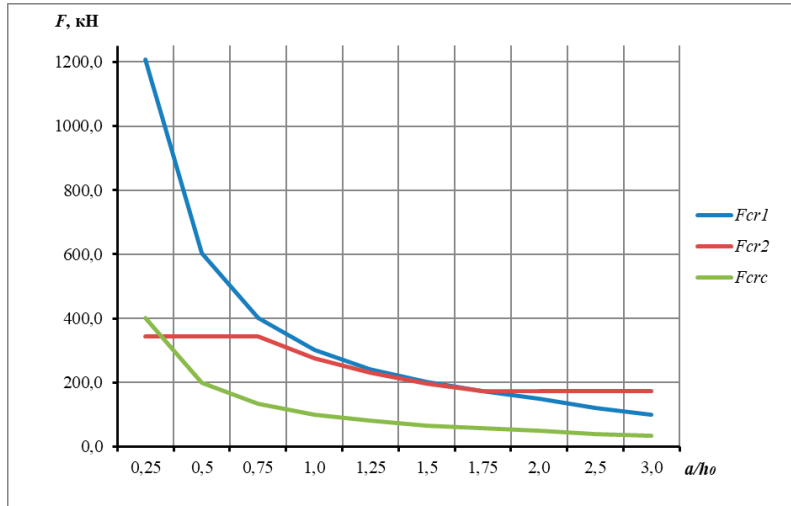


Рис. 2. Графики зависимости величины разрушающей силы от пролета среза

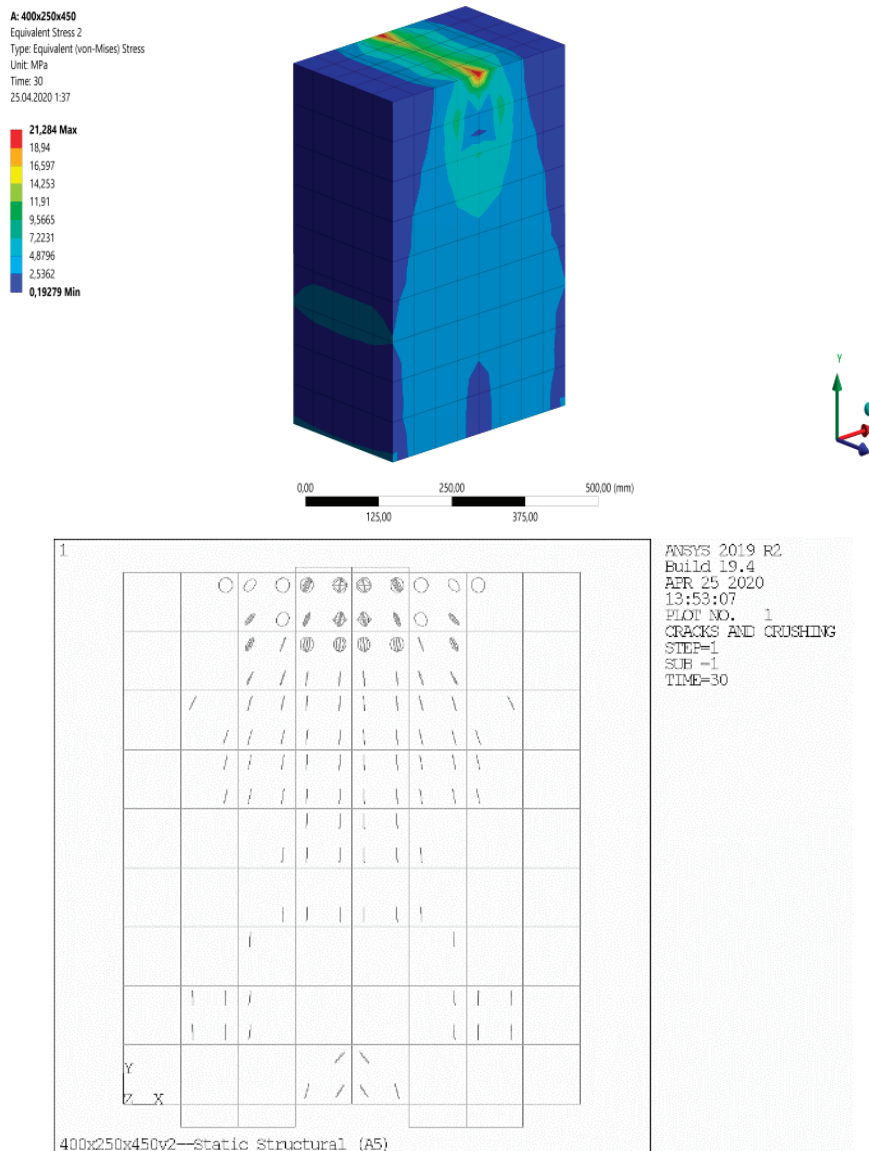


Рис. 3. Разрушение балки Б-1 с пролетом среза a/h₀ = 0,25

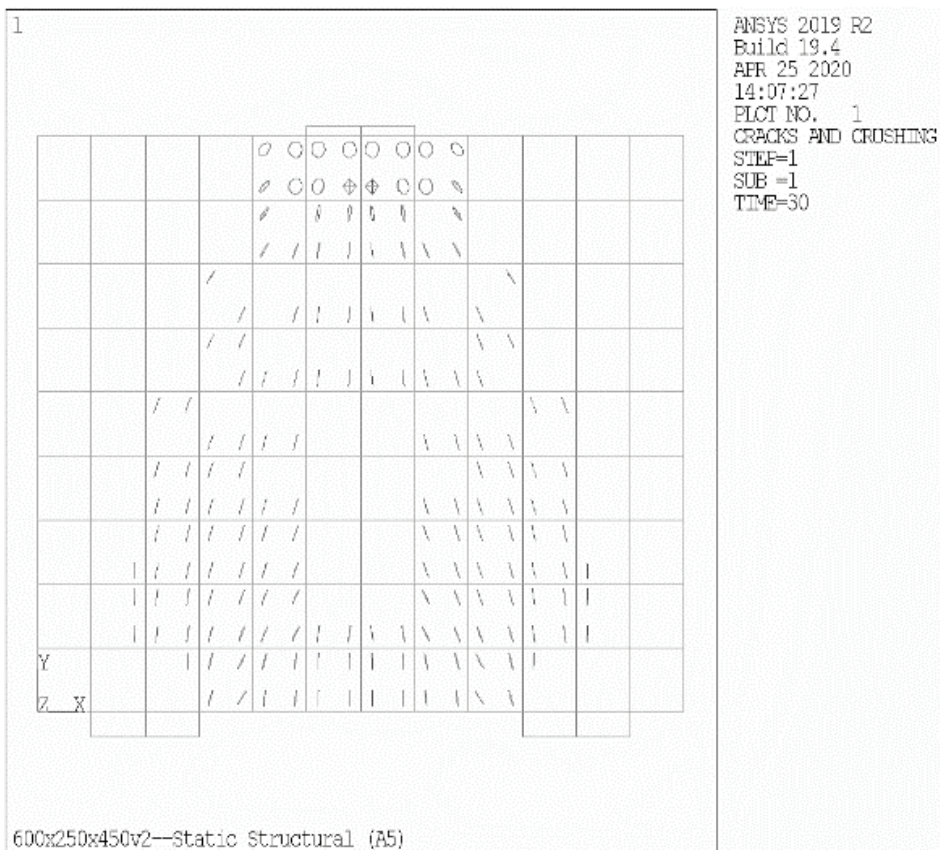
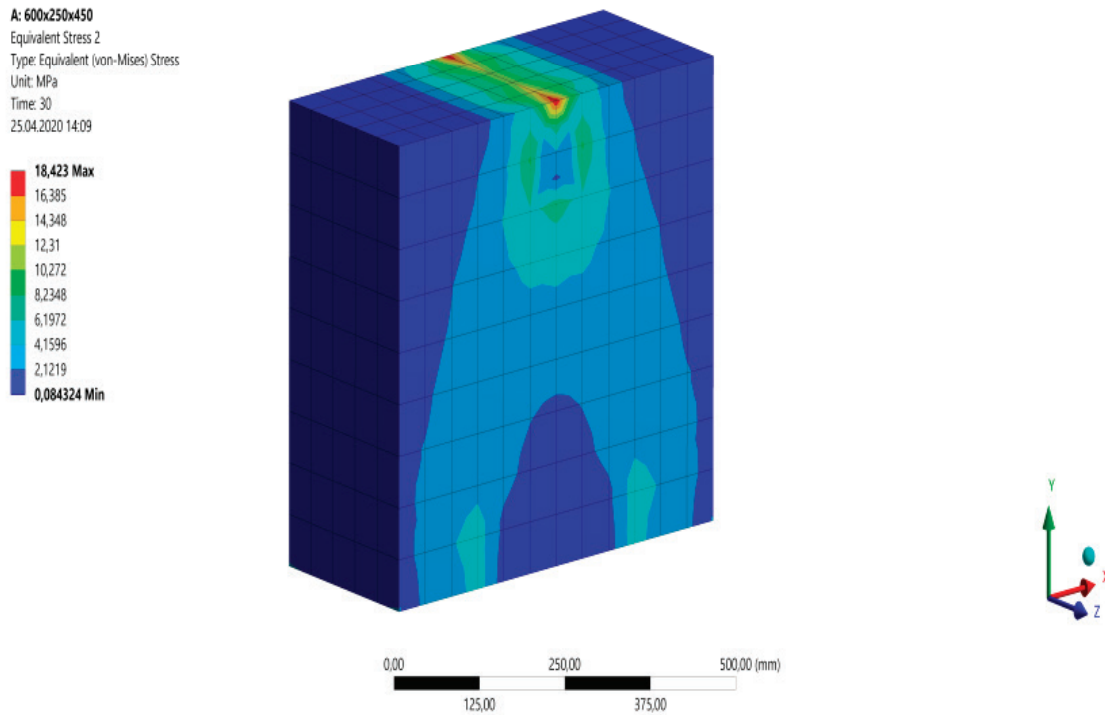


Рис. 4. Разрушение балки Б-2 с пролетом среза $a/h_0 = 0,5$

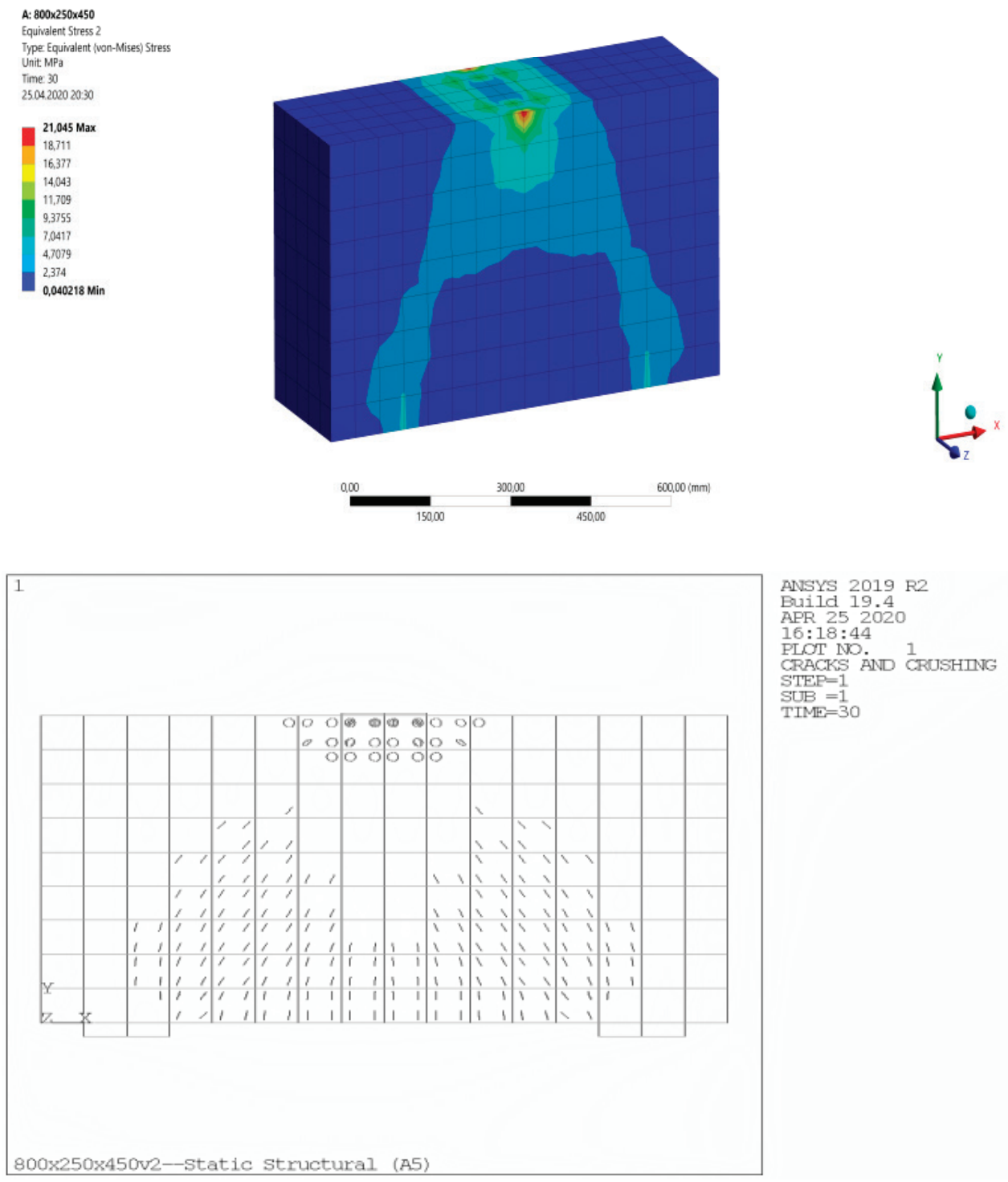


Рис. 5. Разрушение балки Б-3 с пролетом среза $a/h_0 = 0,75$

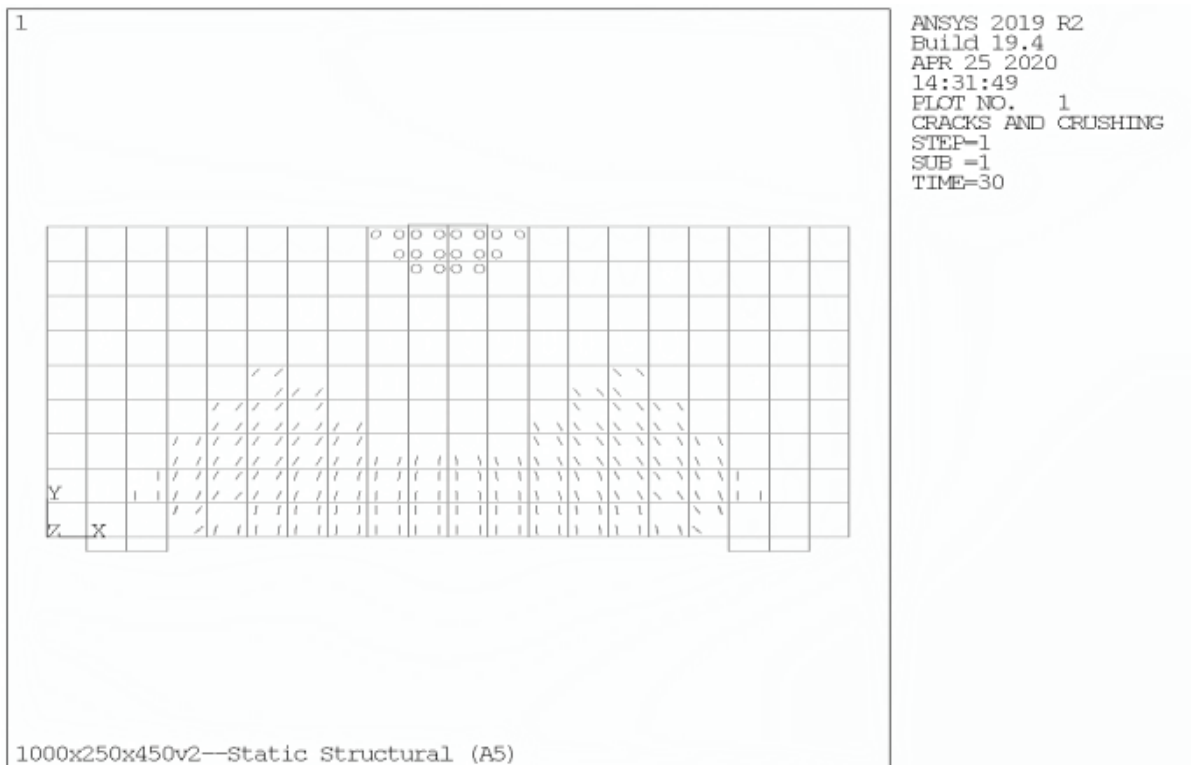
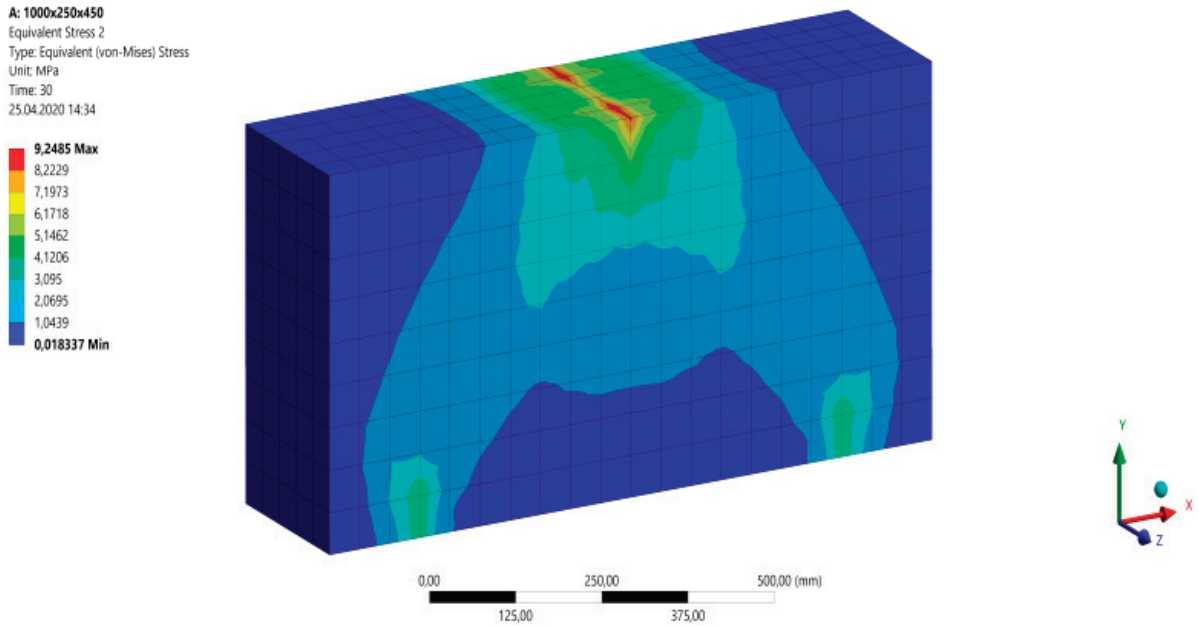


Рис. 6. Разрушение балки Б-4 с пролетом среза $a/h_0 = 1,0$

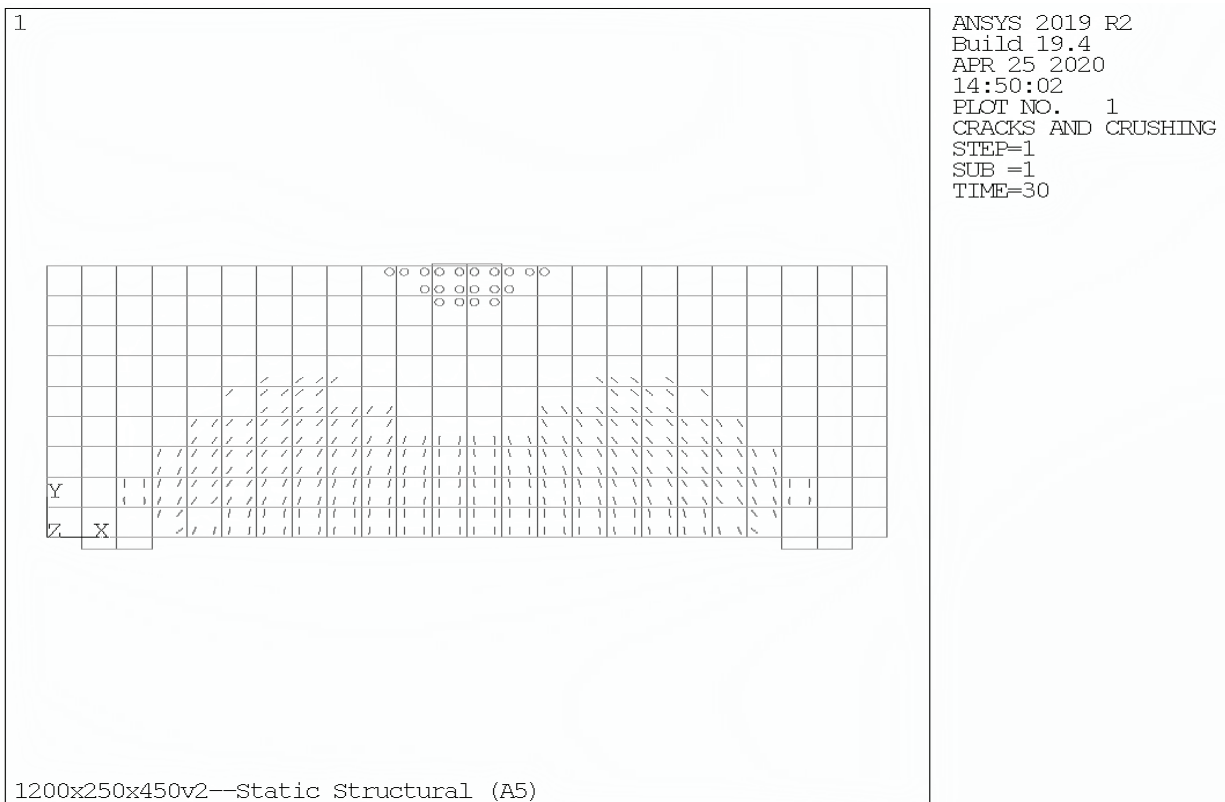
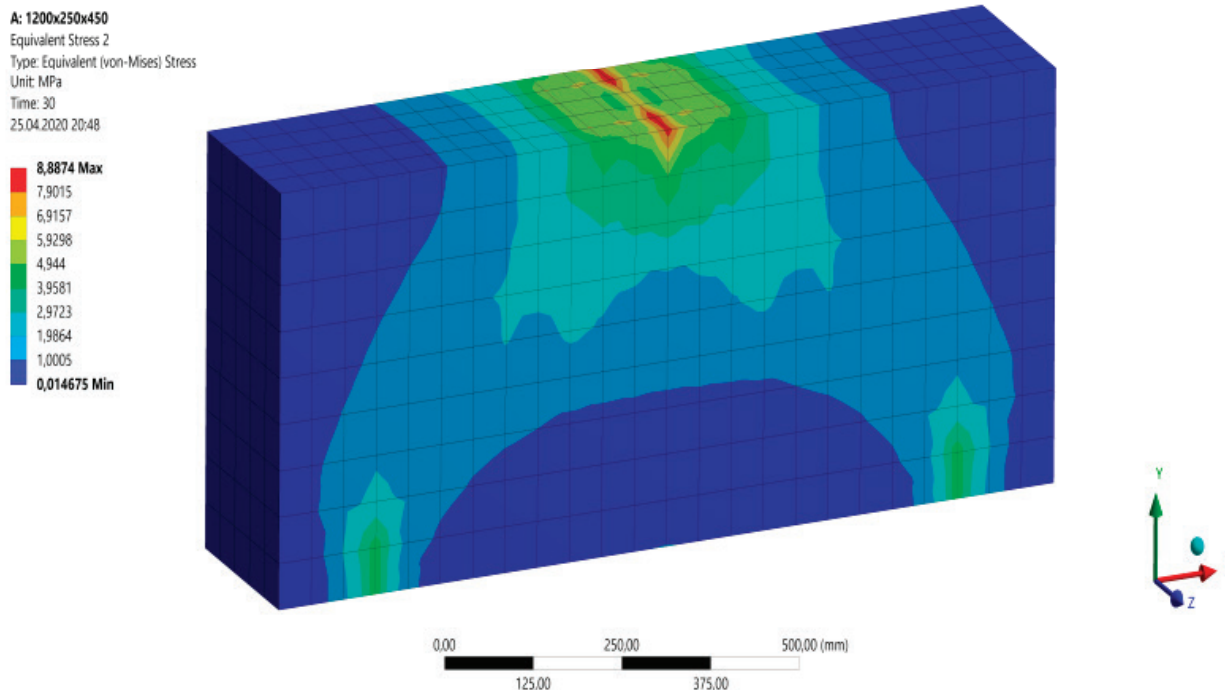


Рис. 7. Разрушение балки Б-5 с пролетом среза $a/h_0 = 1,25$

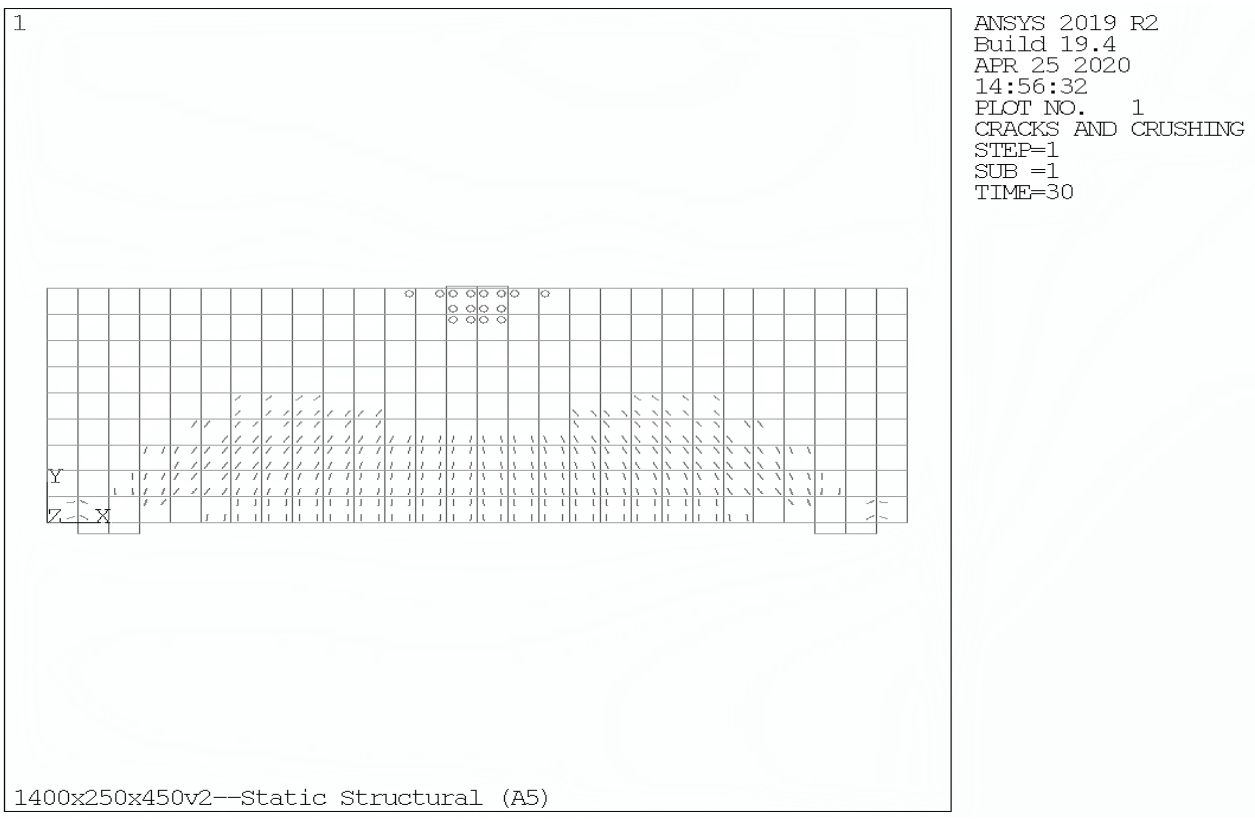
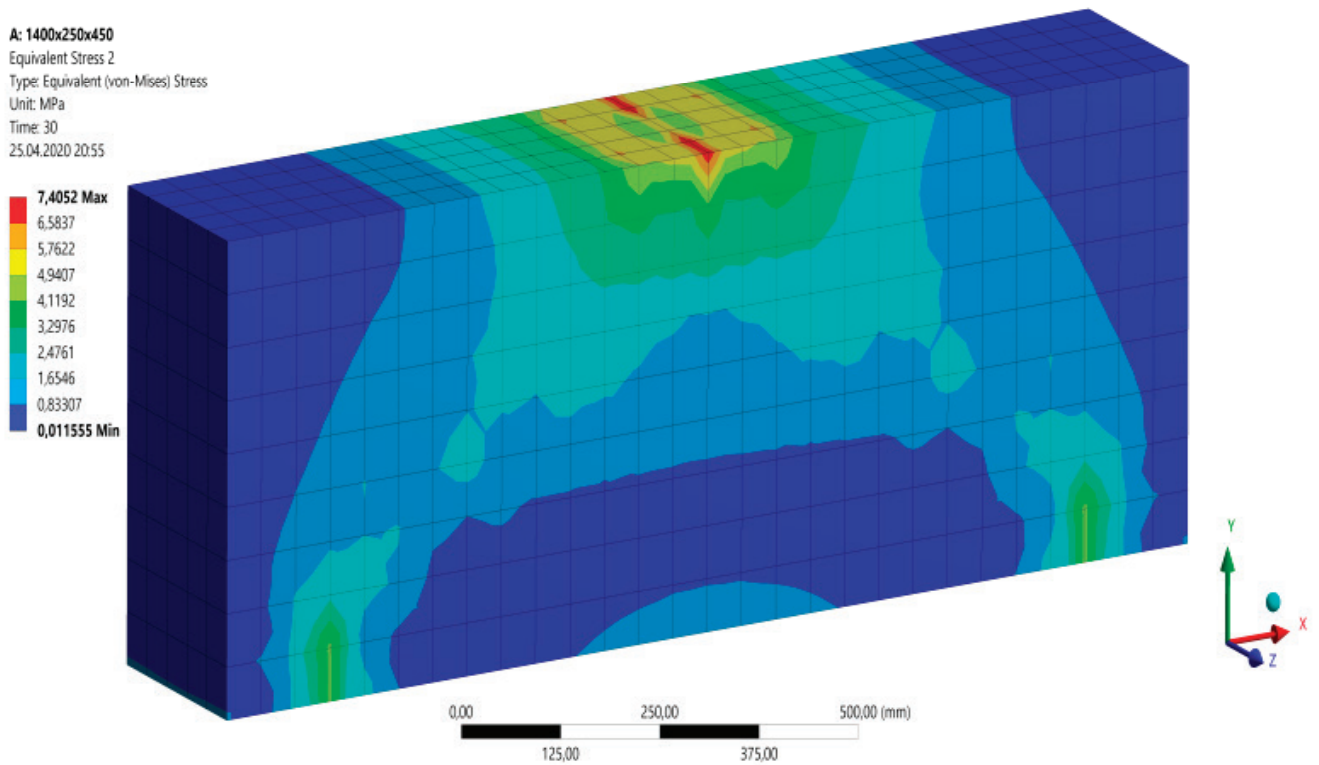
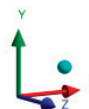
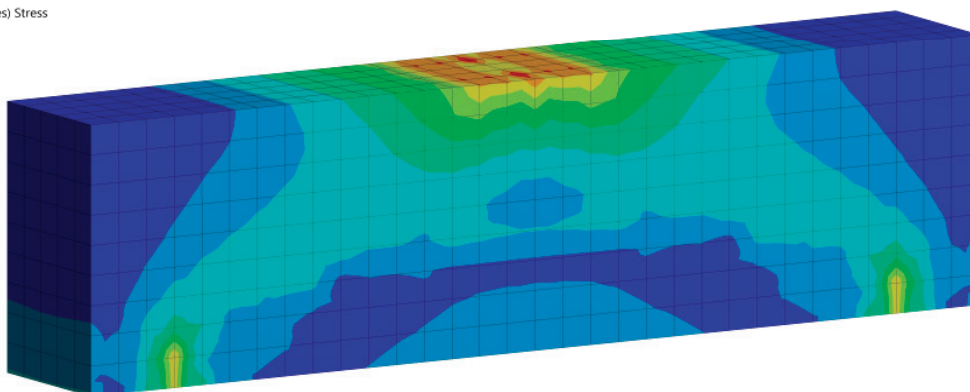


Рис. 8. Разрушение балки Б-6 с пролетом среза $a/h_0 = 1,5$

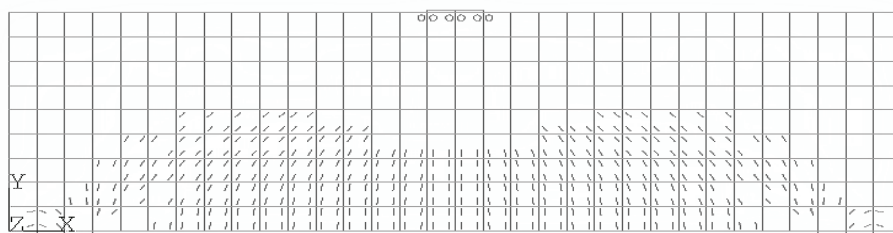
A: 1600x250x450
 Equivalent Stress 2
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 30
 25.04.2020 15:21

5,6684 Max
 5,0394
 4,4105
 3,7815
 3,1526
 2,5236
 1,8947
 1,2657
 0,63679
 0,0078375 Min



1

ANSYS 2019 R2
 Build 19.4
 APR 25 2020
 15:22:15
 PLOT NO. 1
 CRACKS AND CRUSHING
 STEP=1
 SUB =1
 TIME=30



1600x250x450v2--Static Structural (A5)

Рис. 9. Разрушение балки Б-7 с пролетом среза $a/h_0 = 1,75$

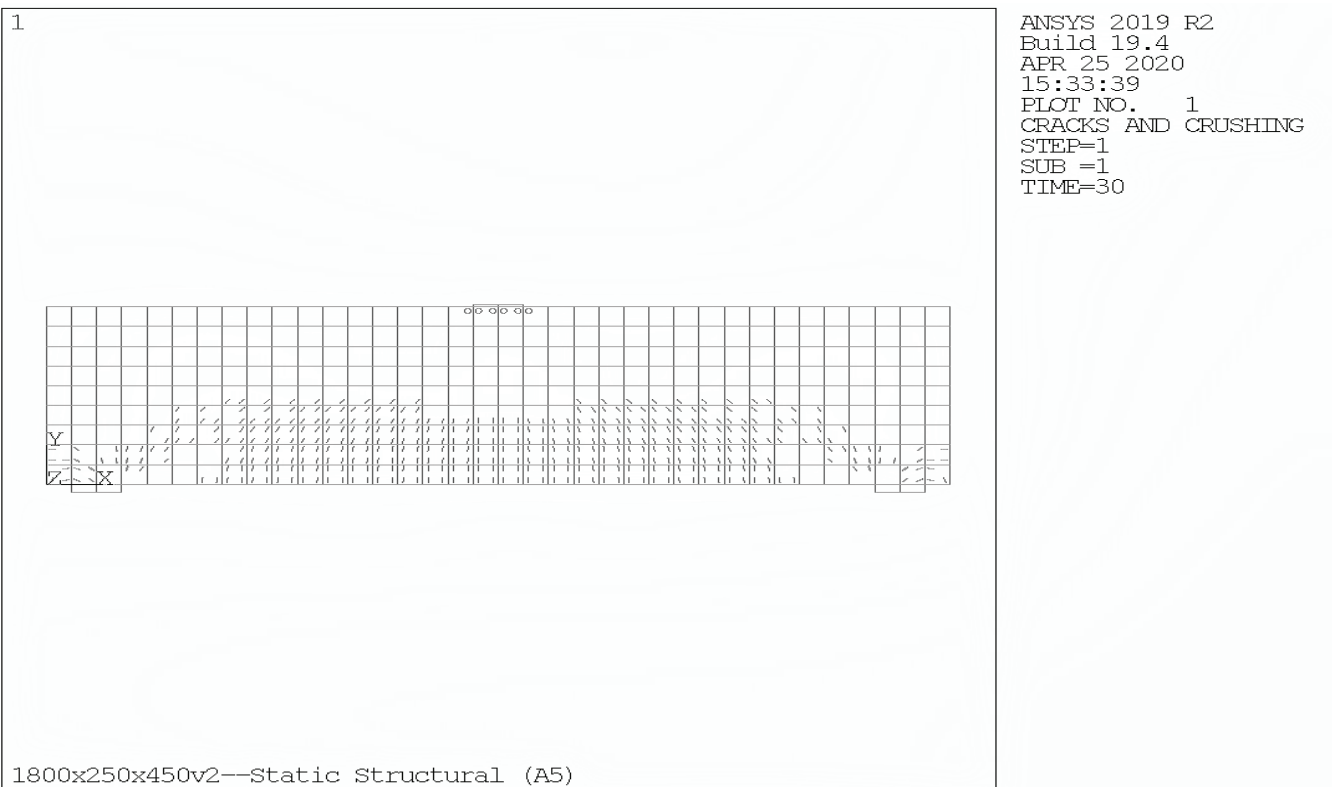
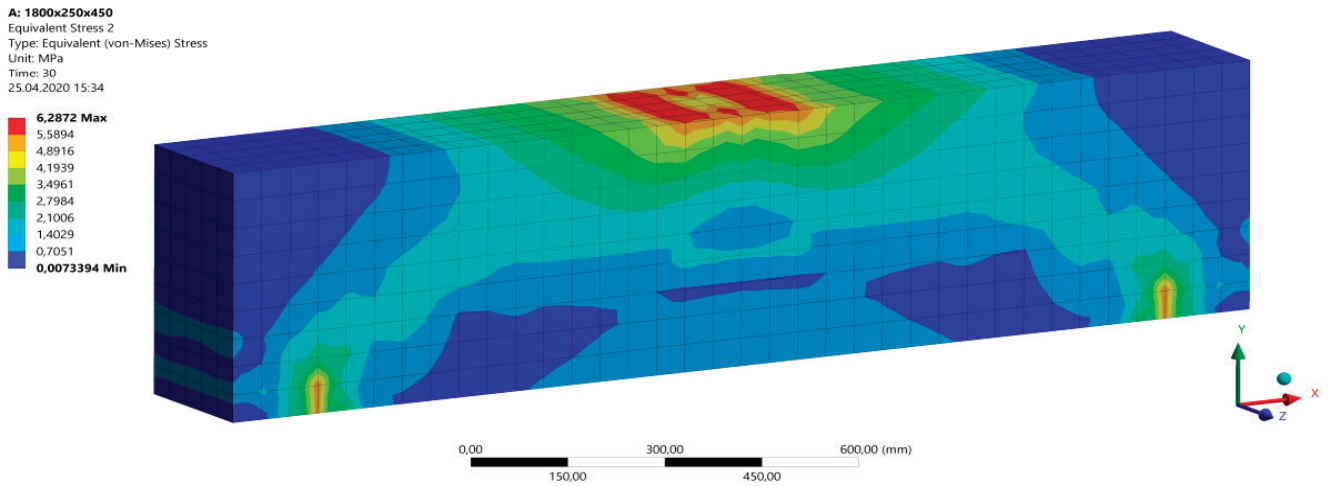
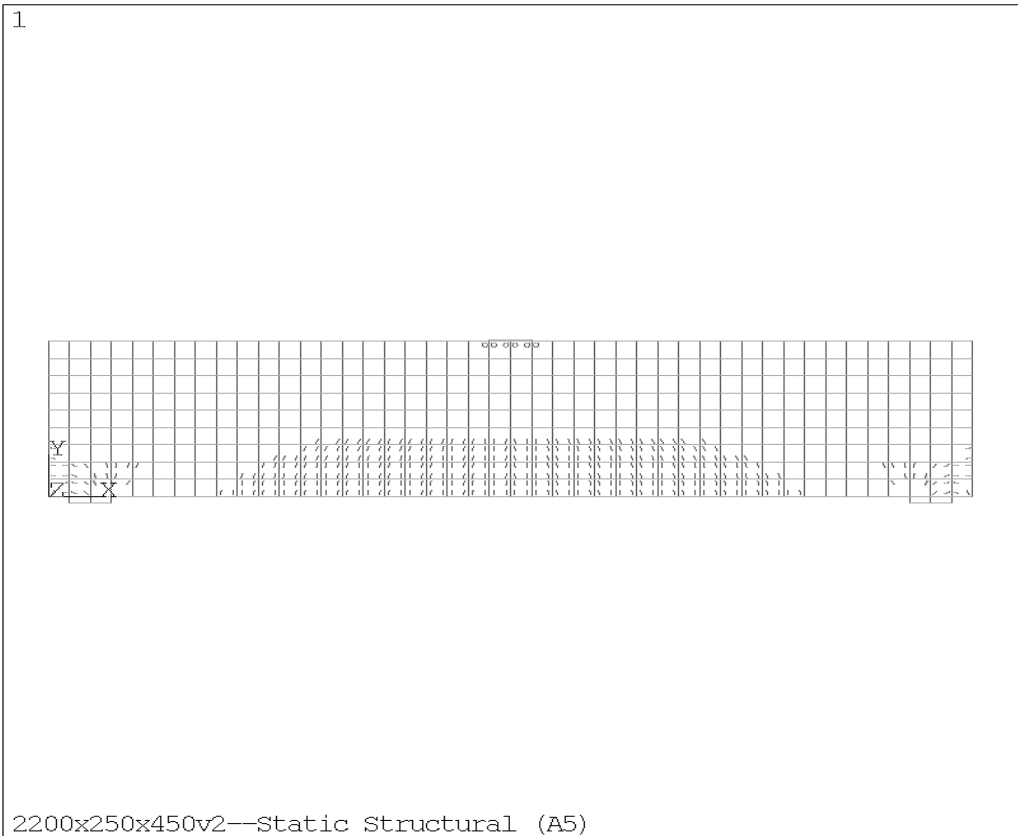
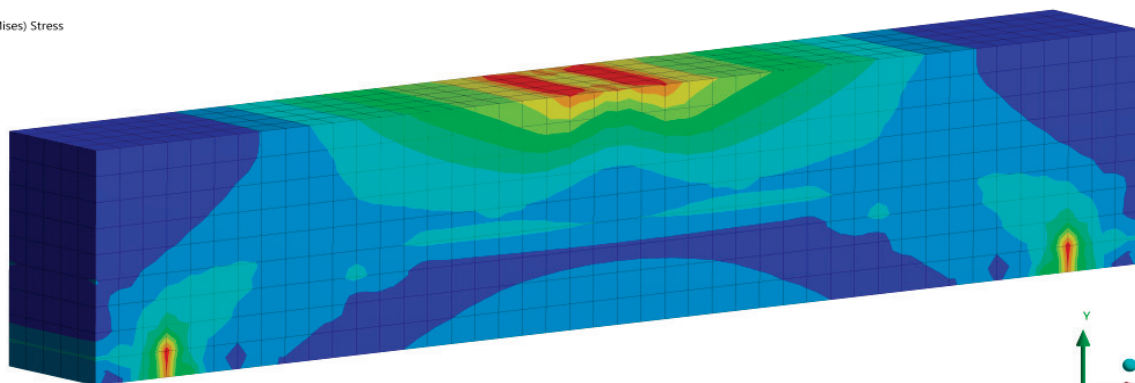


Рис. 10. Разрушение балки Б-8 с пролетом среза $a/h_0 = 2,0$

A: 2200x250x450
 Equivalent Stress 2
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 30
 25.04.2020 21:02

5,5537 Max
 4,9376
 4,3214
 3,7053
 3,0892
 2,473
 1,8569
 1,2408
 0,62463
 0,0085001 Min



ANSYS 2019 R2
 Build 19.4
 APR 25 2020
 15:49:20
 PLOT NO. 1
 CRACKS AND CRUSHING
 STEP=1
 SUB =1
 TIME=30

Рис. 11. Разрушение балки Б-9 с пролетом среза $a/h_0 = 2,0$

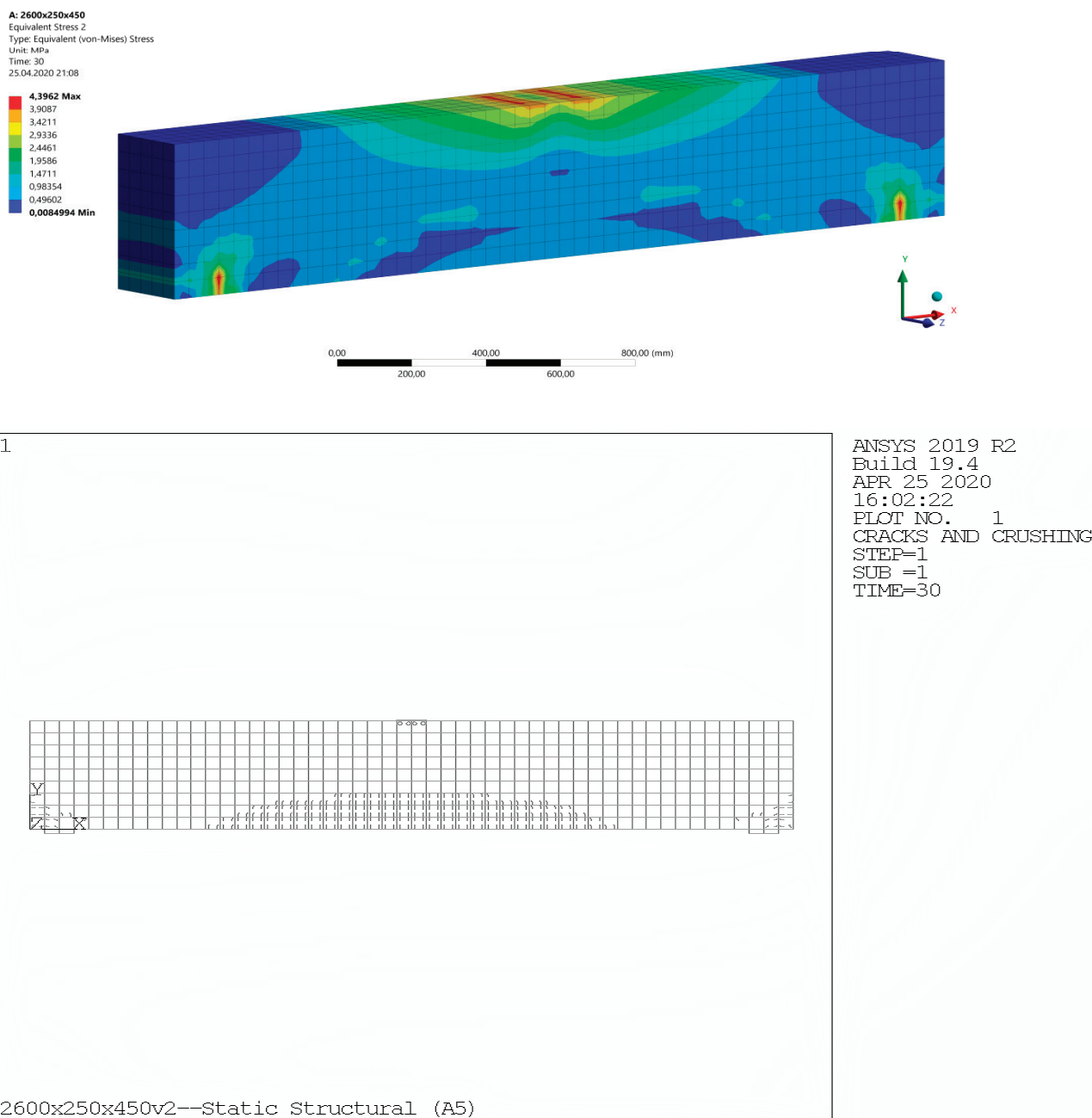


Рис. 12. Разрушение балки Б-10 с пролетом среза $a/h_0 = 3,0$

По результатам расчетов толстых железобетонных балок Б-1 — Б-10, нагруженных соответствующими сосредоточенными силами, равными F_{cr1} и F_{cr2} , методом конечных элементов можно сделать выводы, подтверждающие закономерности, охарактеризованные расчетами по СП [2]. По формам распространения эквивалентных напряжений в балках заметно, что для более толстых балок с наименьшим пролетом среза наибольшая концентрация напряжений приходится по сжатым «раскосам», в то время как с увеличением пролета среза балок, значения напряжений по нижней растянутой зоне постепенно приближается к значениям в сжатых «раскосах».

График распространения трещин на стадии разрушения балки Б-1 указывает на крайне незначительное развитие нормальных трещин в растянутой зоне бетона и разрушение балки

по наклонным сечениям. Для балок Б-2 — Б-6 графики образования трещин также свидетельствуют о разрушении балок по наклонным сечениям (сжатой зоне), при этом в ходе увеличения пролета среза развитие нормальных трещин по растянутой зоне бетона становится более выраженным. Графики балок Б-7 — Б-10 показывают, что для соответствующих балок характерны как развитие наклонных трещин, так и развитие нормальных трещин, при этом с возрастанием марки балки протекание в ней пластических деформаций приобретает черты, все более свойственные обычным балкам.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод об особенностях развития пластических деформаций в толстых железобетонных балках. При уменьшении пролета среза балок и увеличении их толщины относительно пролета, то есть, клас-

сифицируя балки от обычных к толстым, характер образования и развития пластических деформаций бетона изменяется. Это проявляется тем, что распространение нормальных трещин растянутой зоны бетона становится менее выраженным, в то время как трещинообразование по наклонным сечениям проявляется все более интенсивно. Следствием этого является изменение характера разрушения балок — от разрушения балки

в центре пролета (в месте приложения максимального изгибающего момента) к разрушению по наклонным сечениям от действия критической поперечной нагрузки. Исходя из этого, можно предположить, что для более толстых конструкций наиболее опасными являются касательные напряжения в опорных зонах, чем нормальные растягивающие напряжения от действия изгибающего момента.

Литература:

1. Палий О. М. Справочник по строительной механике корабля. Часть 2. Пластины. Теория пластичности и ползучести. Численные методы. — Ленинград: Судостроение, 1982. — 464 с.
2. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003. М.: НИИЖБ, 2018. — 143 с.
3. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. — М.: ОАО ЦНИИПромзданий, 2005. — 214 с.
4. Корнюхин А. В. Экспериментально-теоретические исследования толстых плит: моногр. / А. В. Корнюхин, М. В. Кочеткова, О. В. Снежкина. — Пенза: ПГУАС, 2013. — 132 с.
5. Мурашев В. И. Трещиноустойчивость, жесткость и прочность железобетона. Основы сопротивления железобетона. — М.: Машстройиздат, 1950. — 269 с.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Определение прочности сцепления стальной проволочной фибры с цементным камнем

Злепко Александр Юрьевич, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассматривается устройство и методика испытаний силовых и энергетических характеристик трещиностойкости фиброцемента. Испытаниям подвергались образцы-балки, изготовленные из цементного теста нормальной плотности, армированные стальной проволочной фиброй круглого сечения волнового профиля. Описывается расчетно-экспериментальная методика определения прочности сцепления волокон с матрицей. Рассматривается предложение по усовершенствованию методики определения прочности сцепления волокон с матрицей.

Ключевые слова: фибробетон, фиброцемент, прочность, трещиностойкость, энергозатраты, коэффициент интенсивности напряжений, характеристика прочности сцепления волокон с матрицей.

В настоящее время на кафедре технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета продолжается исследование свойств фибробетонов, изготовленных с применением различных видов волокон. Хорошо известно, что введение в состав бетона армирующих волокон разного типоразмера, с разными физико-механическими характеристиками позволяет получать целый спектр фибробетонов с совершенно разными свойствами и характеристиками [1]. За счет введения армирующих волокон в состав бетона можно добиться повышения трещиностойкости, прочности, модуля упругости, и изготавливать более надежные и безопасные конструкции. Однако расширение областей применения данного материала ограничивается недостаточной степенью изученности влияния параметров фибрового армирования на свойства и характеристики получаемых фибробетонов.

Одной из важнейших характеристик фибробетона является его трещиностойкость. Трещиностойкость определяется как способность материала сопротивляться образованию и развитию трещин [2, 3]. Численно трещиностойкость характеризуется коэффициентом интенсивности напряжений, энергозатратами на различных этапах деформирования и разрушения и некоторыми другими величинами, которые определяются экспериментальным путем по ГОСТ 29167 [4, 5, 6].

Методика ГОСТ 29167 подразумевает испытание образцов-балок на прочность на растяжение при изгибе и наблюдение за поведением образца под нагрузкой. В процессе проведения испытания следует непрерывно контролировать прилагаемую к образцу нагрузку и его прогиб, вызываемый действием этой нагрузки. Получаемые в ходе эксперимента данные представляют собой диаграмму зависимости прогиба образца от прилагаемой к нему нагрузки. По полученным диаграммам и проведенным по ним дополнительным построениям опре-

деляются силовые и энергетические характеристики трещиностойкости, а также прочность на растяжение при изгибе и модуль упругости.

Специально для проведения данных испытаний было разработано устройство оригинальной конструкции, основой которого является механический нагружающий механизм с системой контроля прогиба образца и прилагаемой нагрузки. Так же разработана специальная программа позволяющая автоматизировать построение диаграмм.

В процессе проведения настоящего исследования и использования разработанного устройства было получено множество диаграмм разрушения фибробетонных образцов, изготовленных с применением различных видов волокон при различных расходах. Несмотря на все попытки ускорить процесс испытаний и обработки получаемых данных, как аппаратным так и программным путем, такие исследования остаются достаточно длительными и трудоемкими. Для сокращения количества серий испытываемых образцов предлагается производить теоретическое моделирование поведения фибробетона под нагрузкой и строить диаграммы разрушения образцов расчетным путем. При наличии теоретических диаграмм деформирования и разрушения фибробетона можно провести лишь несколько испытаний для подтверждения согласия расчета с экспериментом.

При теоретическом прогнозировании поведения фибробетона под нагрузкой рассчитываются координаты ключевых точек диаграмм зависимостей прогибов образцов от прилагаемых нагрузок. При этом в большинстве формул фигурируют одинаковые слагаемые, такие как прочность и модуль упругости бетонной матрицы и материала волокон, а также геометрические размеры самих волокон их объемное содержание в фибробетоне и прочность сцепления этих волокон с бетонной матрицей. Все упомянутые характеристики представляют собой

расчетные или справочные данные, однако в связи с постоянно пополняющейся номенклатурой армирующих волокон характеристика прочности сцепления волокон с матрицей может оказаться неизвестной. Поэтому исследования, направленные на определение этой характеристики, приобретают особую актуальность.



Рис. 1. Стальная проволочная фибра

Существует расчетно-экспериментальная методика определения прочности сцепления волокон с матрицей [7, 8]. В соответствии с положениями данной методики следует изготовить несколько серий фибробетонных образцов из цементного теста нормальной густоты. При этом, расход волокон следует постепенно, от серии к серии, повышать с минимально возможным шагом. Изготовленные образцы испытываются на прочность на растяжение при изгибе (рис. 2). По полученным данным следует определить такой расход армирующих волокон, после которого наблюдалось бы отчетливое повышение прочности. Характеристику прочности сцепления волокон с матрицей можно определить по формуле (1) [9, 10, 11]:

$$(\varphi\tau) = \frac{R_{\text{фц}} - 3,5R_{\text{кз}}\mu_{\text{мин}} - (1 - 4,5\mu_{\text{мин}})R_{\text{цк}}}{2\frac{l_{\text{ф}}}{d_{\text{ф}}}\mu_{\text{мин}}} \quad (1)$$

где: $\varphi\tau$ — характеристика прочности сцепления волокон с матрицей; $l_{\text{ф}}$ — длина фибры; $\mu_{\text{мин}}$ — объемная доля фибры, соответствующая тому содержанию фибр в матрице, после которого наблюдается устойчивое повышение прочности; $d_{\text{ф}}$ — диаметр фибры; $R_{\text{фц}}$, $R_{\text{кз}}$ и $R_{\text{цк}}$ — прочность фибробетона, контактной зоны на границе раздела «волокно-матрица» и цементного камня.

Прочность контактной зоны на границе раздела «волокно-матрица» определяется по формуле (2):

$$R_{\text{кз}} = 1,4R_{\text{цк}} \quad (2)$$

Данная методика была использована в процессе проведения настоящего исследования, и было отмечено, что однозначно определить координаты искомой точки на графике, изобра-

В настоящем исследовании определяется характеристика прочности сцепления стальной проволочной фибры с цементным камнем. Исследуемая фибра изображена на рис. 1 и представляет собой отрезки стальной проволоки круглого сечения и волнового профиля. Диаметр волокна составляет 0,3 мм, а длина — 22 мм.

женном на рис. 2, может оказаться затруднительным вследствие значительного разброса экспериментальных данных.

В качестве усовершенствования описываемой методики предлагается несколько изменить методику обработки результатов испытаний. Предлагается также изменить испытания, и в процессе их проведения контролировать не только прочность на растяжение при изгибе, но и прогиб образцов и прилагаемые к ним нагрузки [12].

Для определения прочности сцепления волокон с матрицей было изготовлено несколько серий образцов-балок, размерами 7×7×28 см. Образцы изготавливались из цементного теста нормальной густоты. Серии образцов отличались объемным содержанием волокон. Шаг изменения расхода волокон составлял 0,1% об., в диапазоне изменения расхода от 0 до 1% об. Был использован портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н сланцевского цементного завода «Цесла». В ходе проведения исследования было установлено, что нормальная густота цементного теста составляет 31,75%. Образцы испытывались после выдержки в воде в течение 28 суток. Перед испытаниями проводилась подготовка образцов в соответствии с требованиями ГОСТ 29167.

Все образцы были испытаны с помощью описанной выше установки. Диаграммы зависимостей прогибов образцов от прилагаемых нагрузок, полученные при проведении настоящего исследования, представлены на рис. 3, подписи на диаграммах соответствуют объемному содержанию волокон в фибробетоне, %.

По рис. 3. видно, что при повышении расхода волокон повышается максимальная нагрузка, воспринимаемая образцом. По максимальной нагрузке, воспринимаемой образцом за весь эксперимент, определяется прочность на растяжение при изгибе, по формуле (3):

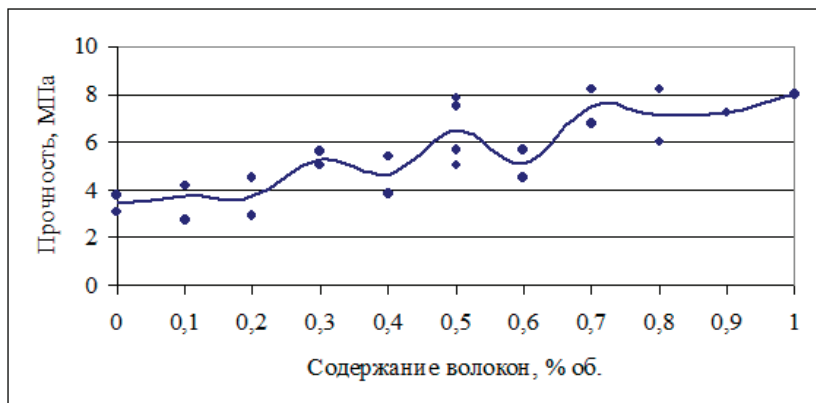


Рис. 2. График зависимости прочности фиброцемента от объемного содержания стальной проволочной фибры

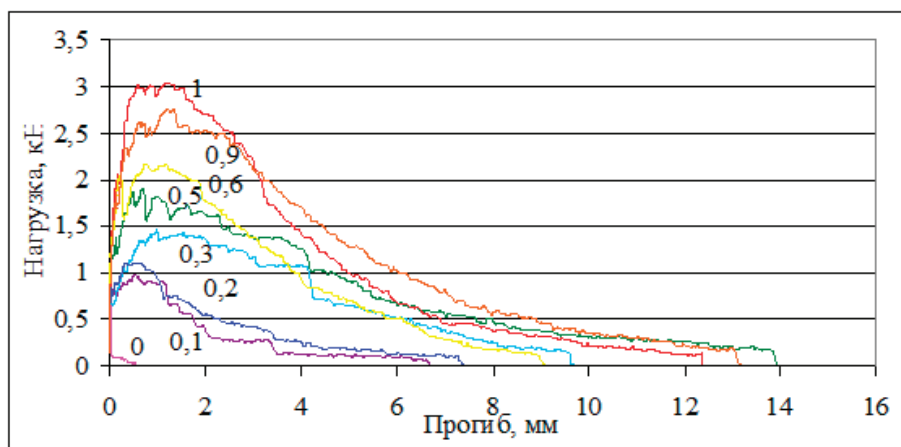


Рис. 3. Диаграммы деформирования и разрушения фиброцементных образцов

$$R_{\text{фц}} = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (3)$$

где: P — максимальная нагрузка, воспринимаемая образцом за весь эксперимент; l — база испытаний; b — ширина испытываемого образца; h — высота испытываемого образца.

На рис. 4 представлены те же диаграммы, что и на рис. 3, но в другом масштабе, для более детального рассмотрения возрастающих участков диаграмм.

На диаграммах виден линейно возрастающий участок, оканчивающийся переломной точкой, координаты которой соответствуют по оси нагрузок 1–1,2 кН, а по оси прогибов — 0,02–0,04мм. Этот участок диаграммы характеризует работу фиброцементного образца на стадии упругого деформирования, а переломная точка характеризует образование трещины в матрице и перераспределение прикладываемых к образцу нагрузок преимущественно на волокна. При этом видно, что трещинообразование в матрице происходит при одной нагрузке, независимо от объемного содержания волокон.

Также на графиках на рис. 3–4 можно отметить, что неармированный образец разрушается, разделяясь на части, сразу после прохождения диаграммой переломной точки в конце зоны упругих деформаций. Но при достаточно высоком объемном со-

держании волокон в фиброцементе, его разрушение происходит иначе. При прохождении трещины через рабочее сечение образца он не разделяется на части, а остается связанным пересекающими трещину волокнами. Пересекающие трещину волокна, продолжают воспринимать прилагаемую к образцу нагрузку, вытягиваясь из матрицы. Этот механизм отражается на представленных диаграммах нелинейно возрастающим участком до некоторой нагрузки и нелинейно нисходящим участком. Эта нагрузка воспринимается волокнами и при разных их расходах оказывается выше или ниже нагрузки, разрушающей матрицу.

На рис. 5 представлена диаграмма зависимости нагрузки, соответствующей трещинообразованию в матрице, и нагрузки, воспринимаемой преимущественно волокнами, от их объемного содержания [12].

По рис. 6 видно, что графики пересекаются в точке, соответствующей объемному содержанию волокон в фиброцементе, равному 0,18%. В этой точке нагрузка, разрушающая матрицу, и максимальная нагрузка, воспринимаемая волокнами, равны и соответствуют 1,31 кН.

При этом, прочность матрицы можно определить по формуле (3), а прочность фиброцемента, обеспеченную только вытягиванием волокон из матрицы, можно определить по формуле (4) [12]:

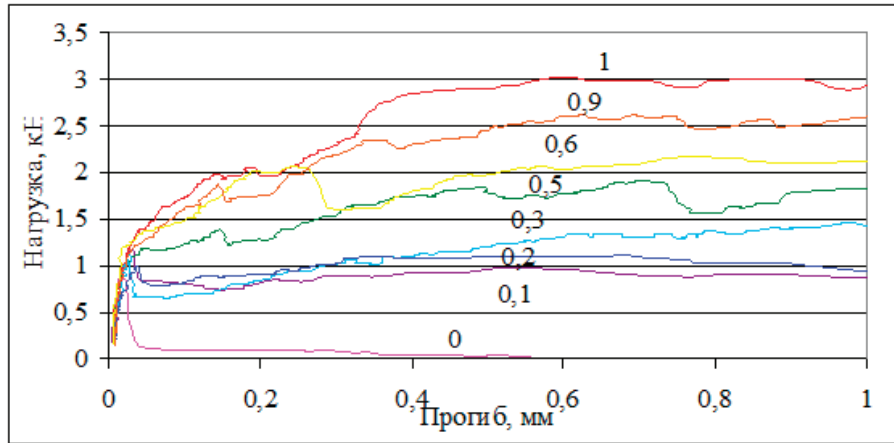


Рис. 4. Диаграммы деформирования и разрушения фиброцементных образцов

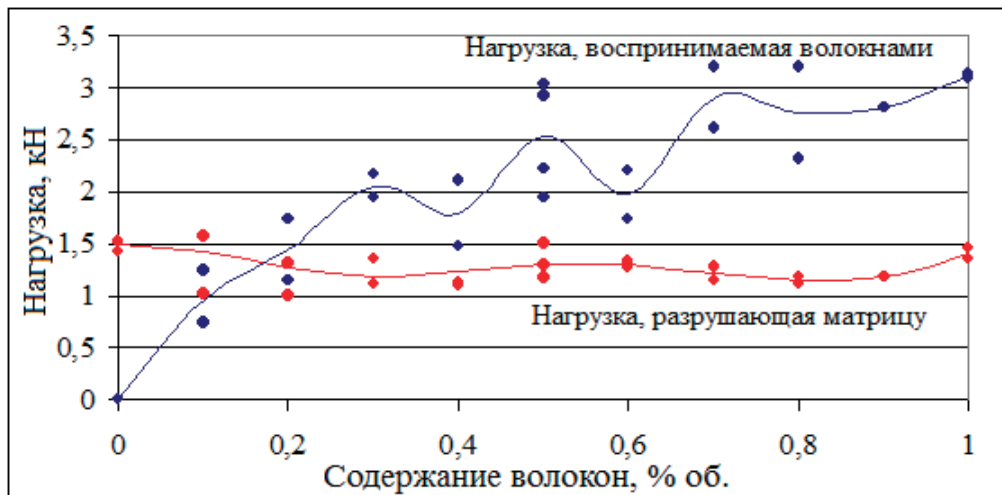


Рис. 5. Зависимости нагрузок, воспринимаемых фиброцементными образцами, от содержания волокон

$$R_{\text{фи}} = \frac{2\tau l_{\text{ф}} \mu_f}{d_{\text{ф}}} \tag{4}$$

$$\tau = \frac{3Pl d_{\text{ф}}}{4l_{\text{ф}} \mu_f b h^2} \tag{5}$$

где: μ_f — доля волокон, соответствующая пересечению графиков на рис. 6.

Можно приравнять формулы (3) и (4) и выразить прочность сцепления волокон с матрицей, чтобы получилась формула (5) [12]:

При подстановке численных значений в формулу (5), прочность сцепления волокон с матрицей составила 10,1 МПа.

В дальнейшем планируется провести аналогичные испытания фибробетонных образцов, изготовленных с использованием других видов волокон.

Литература:

1. Рабинович, Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. — М.: Издательство АСВ, 2004. — 560 с.
2. Мэттьюс Ф., Ролингс Р. Композиционные материалы. Механика и технология. / Пер. с англ. С.Л. Баженов. — М.: Техносфера, 2004. — 408 с.
3. Партон В.З. Механика разрушения: От теории к практике. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. — 240с.
4. Жаворонков, М.И. Определение характеристик разрушения и модуля упругости фибробетона/ М.И. Жаворонков// Известия КГАСУ. — 2015. — № 3(33). — с. 114–120.
5. Зерцалов М. Г., Хотеев Е. А. Экспериментальное определение характеристик трещиностойкости фибробетона // Вестник МГСУ. 2014. № 5. — С. 91–99.
6. Жаворонков М.И. Методика определения энергетических и силовых характеристик разрушения фибробетона // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 6(47). С. 155–160.

7. Пухаренко Ю. В. Принципы формирования структуры и прогнозирование прочности фибробетонов // Строительные материалы. 2004. № 10 (598). С. 47–50.
8. Кострикин М. П. Характер и степень взаимодействия синтетической макрофибры с цементным камнем // Вестник гражданских инженеров. — 2018. № 4(69). С. 116–120.
9. Пухаренко Ю. В., Пантелеев Д. А., Жаворонков М. И. Диаграммы деформирования цементных композитов, армированных стальной проволочной фиброй // Academia. Архитектура и строительство. 2018. № 2. С. 143–147.
10. Пухаренко Ю. В., Голубев В. Ю. О вязкости разрушения фибробетона // Вестник гражданских инженеров. 2008. № 3. С. 80–83.
11. Пухаренко Ю. В., Голубев В. Ю. Высокопрочный сталефибробетон // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 9. С. 40–41.
12. Пухаренко Ю. В., Морозов В. И., Пантелеев Д. А., Жаворонков М. И. Определение прочности сцепления армирующих волокон с матрицей в фибробетоне // Строительные материалы. 2020. № 3. С. 39–43.

Современные технологии и механизация строительных штукатурных работ

Кавардаков Василий Николаевич, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассмотрены основные преимущества механизации при выполнении штукатурных работ, а также особенности применения специального механического оборудования. Приведено сравнение и анализ эффективности некоторых современных штукатурных агрегатов.

Ключевые слова: штукатурные работы, штукатурный агрегат, механизированная технология штукатурных работ, эффективность, повышение производительности труда

Штукатурные работы могут выполняться вручную, полумеханизированным и механизированным способами. Для этих целей применяют различный ручной и механизированный инструмент, а также всевозможные механизмы и агрегаты [1].

Механизированное, т.е. машинное нанесение штукатурки, позволяет в короткие сроки равномерно покрыть всю поверхность штукатурным составом, а в дальнейшем, если требуется, сформировать фактуру поверхности с помощью различных ручных инструментов — узорчатых валиков, шпателей, губок и др. Такая обработка поверхностей позволяет скрыть мелкие неровности стен и придать им эстетичный и привлекательный и оригинальный внешний вид.

Механизированная штукатурка — это универсальный современный подход при выполнении штукатурных работ, позволяющий обрабатывать различные виды поверхностей, а именно: стены и потолок помещений, дверные или оконные откосы, декоративные арки, внешние стены фасадов зданий и многое другое.

Машинная штукатурная обработка — это универсальный способ получить качественную равномерную поверхность за относительно короткие сроки.

Механизированные технологии при выполнении штукатурки сегодня постепенно вытесняют ручное нанесение растворов. Обусловлено это несколькими весомыми преимуществами этих работ, среди которых следует выделить главные.

1) Высокая производительность. Доказано, что производительность механизированного оштукатуривания стен, как минимум, в 2 раза выше ручного способа и в 1,5 раза выше полумеханизированного [1].

2) Качество нанесения. Штукатурные «аппараты» наносят раствор намного равномернее и качественнее обычного набрызгивания ковшом или мастерком. Изначально поверхность получается практически ровной и требует в отдельных случаях только небольшой корректировки, которую также можно осуществить автоматизированными системами.

3) Образование более прочного сцепления раствора с основанием. Энергия удара раствора о поверхность механическим способом существенно выше, а это, в свою очередь, повышает адгезию раствора к поверхности.

4) Относительно небольшие затраты при высокой производительности труда. Наносить смесь с использованием механического оборудования может одновременно несколько человек. Чтобы добиться такой производительности вручную — нужно увеличить штат работников в несколько раз, что сильно повлияет на финансовые затраты оплаты труда.

5) Снижение расходов штукатурки, поскольку штукатурку можно наносить более тонким слоем, там, где это позволяет поверхность.

6) Относительно невысокая стоимость штукатурок, поскольку требования к штукатурным растворам для механического оборудования унифицированы.

7) Отсутствие шпательования. В результате механического оштукатуривания поверхностей часто отпадает такая необходимость.

В таблице 1 приведено сравнение трудоемкости выполнения штукатурных работ различными способами.

Применение механизированного способа повышает качество и увеличивает производительность работ, однако имеет и свои некоторые особенности [3].

Таблица 1. Трудоемкость выполнения различных видов штукатурки по каменным поверхностям стен внутри зданий

Вид штукатурного покрытия	Трудоемкость при различных способах производства штукатурных работ, чел.—час /100 м ²			
	Механизи- рованный	Полумеханизированный	Ручной	Ручной (в помещениях с площадью пола менее 5 м ²)
Простое	–	31,5	47,5	70,8
Улучшенное	35,0	53,0	70,0	104,3
Высококачественное	51,0	75,0	99,0	147

1) Высокая стоимость оборудования (однако при постоянном использовании оборудования оно довольно быстро окупается).

2) Высокая производительность устройства требует постоянной подачи воды и смесей. Поэтому желательно иметь доступ к водопроводной системе.

3) Необходимо строгое соблюдение рекомендаций по приготовлению штукатурных смесей.

В настоящее время при значительной площади помещений (более 5 м²) всё более часто применяют полумеханизированное и механизированное оштукатуривание стен. Для этих целей используют штукатурные станции, специальные затирочные машины, штукатурно-шпатлевочные агрегаты и другие современные механизмы [1].

Механизированная технология применения сухих строительных смесей — это отдельная высококвалифицированная отрасль в области строительных отделочных работ. Ее эффективность определяется применением специальных смесей, предназначенных для механизированного способа нанесения и специального оборудования, рассчитанного на их использование. При этом различного рода «эксперименты» с неспециализированными смесями не могут гарантировать обещанными разработчиками эффективностью и качества выполнения работ [4].

На сегодняшний день существует целый ряд европейских производителей современного оборудования для механизированных технологий применения сухих строительных смесей.

Лидером в производстве растворовсмесительного оборудования и насосов непрерывного действия, а также систем транспортировки строительных материалов является немецкая фирма М-тес. Растворовсмесительные насосы Duo-mix превосходят по качеству, эффективности и другим параметрам многие модели других марок.

Система двойного смешивания применяемая в Duo-mix позволяет в 2–3 раза увеличить срок службы расходных частей агрегата, что соответствует дополнительной экономии в 23 руб. на м² по сравнению с любыми другими марками и моделями аналогичного оборудования [4].

На строительном рынке известна и хорошо себя зарекомендовала компактная модель растворовсмесительного насоса, которая представлена моделью Monomix. В агрегате этого типа отсутствует принудительная загрузка сухой смеси в смеситель, смесь попадает самозасыпом. Это может приводить к некоторым затруднениям в процессе эксплуатации, что требует от обслуживающего персонала определенного опыта и навыка работы с этим высокопроизводительным оборудованием.

В целом установки марки М-тес характеризуются высокой степенью надежности и длительным сроком безаварийной эксплуатации.

Рыночные стоимости агрегатов марки М-тес находятся ниже стоимости конкурентов, таких, например, как PFT, Putzmaster, Putzknecht, Turbosol, Kraftman [4].

Марки штукатурных агрегатов, такие, как Putzmaster, Putzknecht, Turbosol в настоящее время представляют уже достаточно устаревшие модификации своего оборудования. Основной проблемой этих марок является практически полное отсутствие сервиса и расходных запасных частей на территории РФ.

Другой современной моделью на строительном рынке является штукатурная машина PFT G5 Super. Машина является высокопроизводительным, универсальным, малогабаритным агрегатом, имеющим модульную конструкцию, непрерывно работающим с сухими строительными смесями, специально предназначенными для машинного нанесения.

Штукатурная машина PFT G5 Super (рис. 1) может наполняться смесью из мешков вручную или с помощью пневмотранспортной установки.

При использовании штукатурной машины PFT G5 Super эффективность рабочего звена из четырех специалистов за одну рабочую смену может достигать следующих параметров производительности [2]:

1. при штукатурных работах гипсовыми растворами ~130–150 м²;
2. при штукатурных работах цементными растворами ~150–200 м²;
3. при устройстве наливных полов с применением самовыравнивающихся растворов ~500 м²;
4. при устройстве цементно-песчаных и бетонных стяжек ~300 м².

Преимущества штукатурной машины PFT G5 Super заключаются в следующем.

- 1) Благодаря модульной конфигурации машины транспортировать агрегат очень просто, легко, быстро, безопасно.
- 2) Для обеспечения безопасности выполнения работ серийно устанавливается манометр, постоянно показывающий давление растворной смеси. При этом агрегат демонстрирует высокий уровень безопасности.
- 3) Органы управления машиной расположены очень эргономично, у оборудования высокая маневренность.
- 4) Машина PFT G5 Super обеспечивает высокую производительность труда.
- 5) Детали агрегата отличаются высокой надёжностью и долговечностью, вся конструкция весьма прочная.



Рис. 1. Штукатурная машина марки PFT G5 Super

Машины PFT G5 Super могут комбинированно работать с другими машинами марок PFT. При этом следует отметить такие преимущества.

- 1) Высокая эффективность при совместной работе с пневмотранспортной машиной PFT SILOMAT.
- 2) Удобная и лёгкая чистка машины.
- 3) Простота обслуживания.
- 4) Высокая коррозионная стойкость.

В настоящее время появились и инновационные решения при выполнении штукатурных работ, например, ремонтные работы могут выполнять роботы (рис. 2).

Робот действует строго по программе, а в течение одного рабочего дня способен выполнять в 10–20 раз больше работы, по сравнению с человеком, поскольку он не подвержен физической усталости. За работой этого механизма следит человек, внося необходимые коррективы в процессе нанесения штукатурки, и, тем самым, улучшая качество выполненной работы [2].

Важное преимущество робота-штукатура — высокая скорость работы и качественный конечный результат. Робот-штукатур может работать с различными по качеству штукатурными смесями [2].

На ровную поверхность стены робот может нанести до 90 м² штукатурки всего лишь за 1 час работы. А за 1 рабочий 8-часовой день способен обработать до 750 м², в то время как человек способен обработать не более 25 м² за то же время. Робот-штукатур также может использоваться на востребованной большой высоте.

Таким образом, механизация штукатурных работ значительно повышает производительность и повышает качество работ. На сегодняшний день на рынке строительных работ представлено большое количество штукатурных агрегатов различных типов и марок. Выбрать тот или иной агрегат, наиболее эффективный в каждом конкретном случае, важная и посильная задача для специалиста в этой области, а также для работника с определенным опытом и навыком выполнения штукатурных работ.

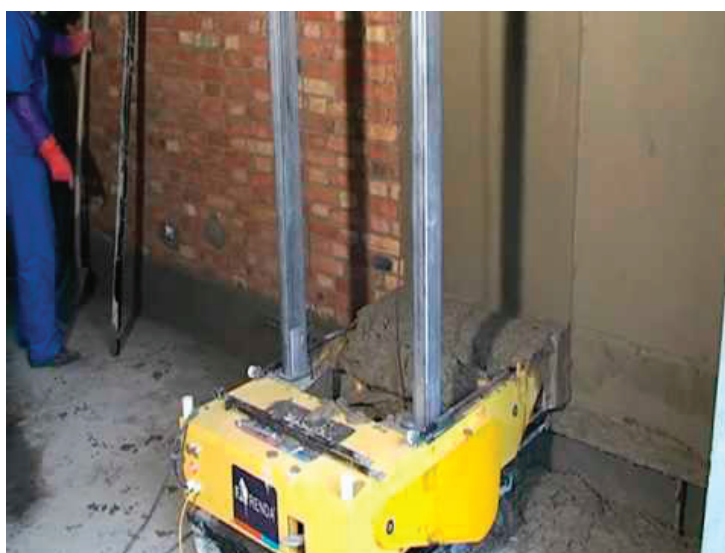


Рис. 2. Робот-штукатур выполняет работы на вертикальной кирпичной поверхности стены

Литература:

1. И. Л. Опанасюк, Л. Г. Опанасюк, И. А. Реутский, А. П. Пайтра Резервы повышения эффективности производства отделочных работ при возведении жилых и общественных зданий. Вестник Белорусско-Российского университета. 2013. № 3 (40).
2. Перспективные технологии строительства и реконструкции
3. Механизированная штукатурка стен: плюсы и минусы. URL: <https://stroy-podskazka.ru/shtukaturka/mehaniziruemaya/>.
4. Механизированная технология применения сухих гипсовых смесей при выполнении штукатурных работ URL: <https://stroy.it/usefulinfo/plasteringusefulinfo/very-stroymix-mtec-samara-2008/>.

Численное определение предельно допустимой несимметричной нагрузки на свод-арку из гофрированного U-образного тонкостенного профиля

Карабутов Михаил Сергеевич, соискатель
Ростовский государственный строительный университет

Численное определение предельно допустимой нагрузки в своде-арке из гофрированного U-образного тонкостенного профиля при загрузке несимметричными нагрузками.

Ключевые слова: напряжения в гофрированных и прямолинейных арочных элементах, быстровозводимые бескаркасные арочные здания, легкие конструкции, ангары, МС-120.

Numerical determination of the maximum permissible asymmetric load on the arch of a corrugated U-shaped thin-walled profile

Numerical determination of the maximum permissible load in the vault-arches made of a corrugated U-shaped thin-walled profile when loaded with asymmetric loads.

Keywords: stresses in corrugated and rectilinear arch elements, prefabricated frameless arched buildings, light structures, hangars, MIC-120.

Определив предельно допустимые постоянные и ветровые нагрузки на профиль, определим предельно допустимую несимметричную нагрузку на профиль при различных схемах загрузок по предельно допустимым нормальным напряжениям, в своде — арке Рис. 1, закрепленного из плоскости в нижней полке, как элемент свода [1], [3]. Под предельной нагрузкой принято возникновение напряжений выше предельно допустимых значений, не приводящее к появлению пластического шарнира и потери устойчивости конструкции (за предельное напряжение принято 343232750Н/м^2).

Материалы и методы: По твердотельной модели, выполненной в программном комплексе Solid Works в виде свода — арке полетом 18м и подъемом 8,5м из вальцованного профиля U образного сечения, загрузим нагрузками для определения распределения напряженно деформированного состояния свода и предельно допустимой нагрузки с закреплением из плоскости. Арочные профили были рассчитаны методом конечных элементов с незакрепленными верхними полками из плоскости, что позволит максимально использовать поперечное сечение профиля. Загружение приложено к гофрированной нижней полке профиля.



Рис. 1. Сечения/расчетная схема для определения предельно допустимых нагрузок на свод

толщина профиля, мм	напряжения (норм) МАХ, Н/м ²	Напряжения (норм) MIN, Н/м ²	напряжения (танг) МАХ, Н/м ²	напряжения (танг) MIN, Н/м ²	величина нагрузки, Н/мм ²	перемещения в плоскости, мм	МАХперемещ. стенок из плоскости, мм
1мм.	2.58E+08	-3.43E+08	2.07E+08	-1.84E+08	0.0027011	84.5	4.2
0.6мм(а)	3.43E+08	-1.38E+08	5.79E+07	-5.67E+07	0.0001055	43.2	1.0
1.2мм	3.43E+08	-1.44E+08	5.41E+07	-4.19E+07	0.0002961	38.0	0.9
0.6мм	3.43E+08	-1.38E+08	6.77E+07	-9.29E+07	0.0013347	65.6	12.4

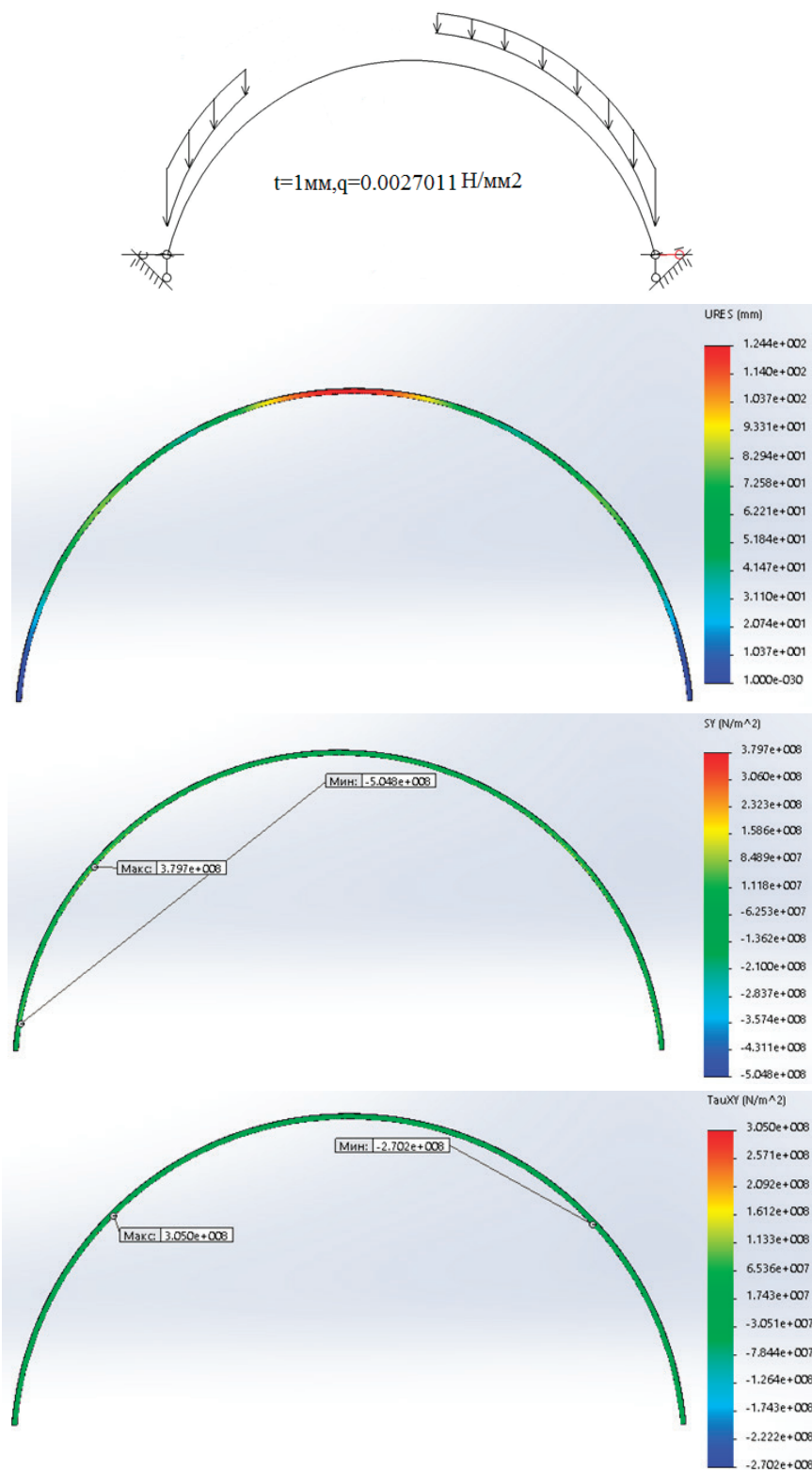


Рис. 2. Форма загрузки, эпюра распределения перемещений и нормальных, тангенциальных напряжений

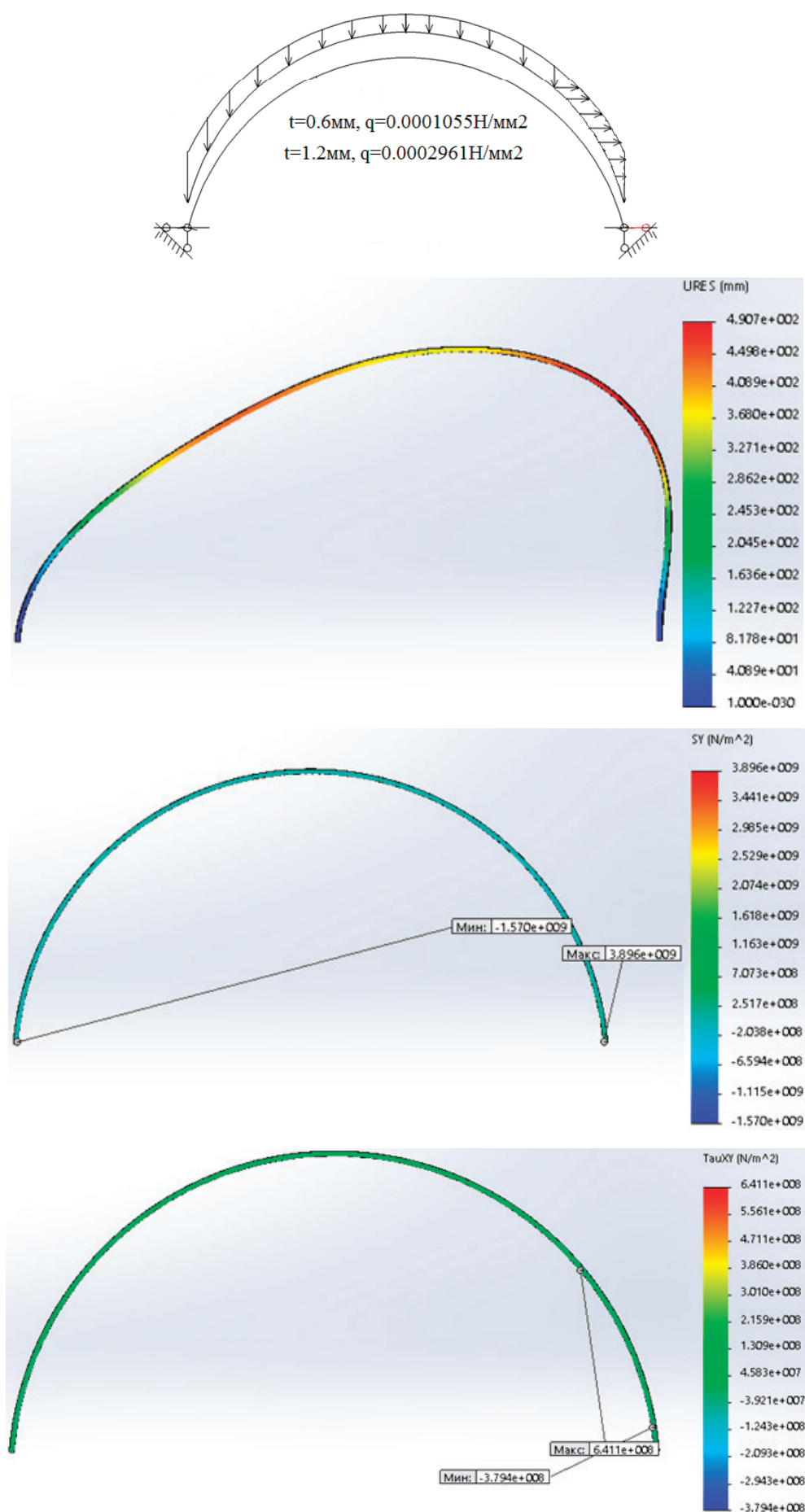


Рис. 3. Форма загрузки, эпюра распределения перемещений и нормальных, тангенциальных напряжений

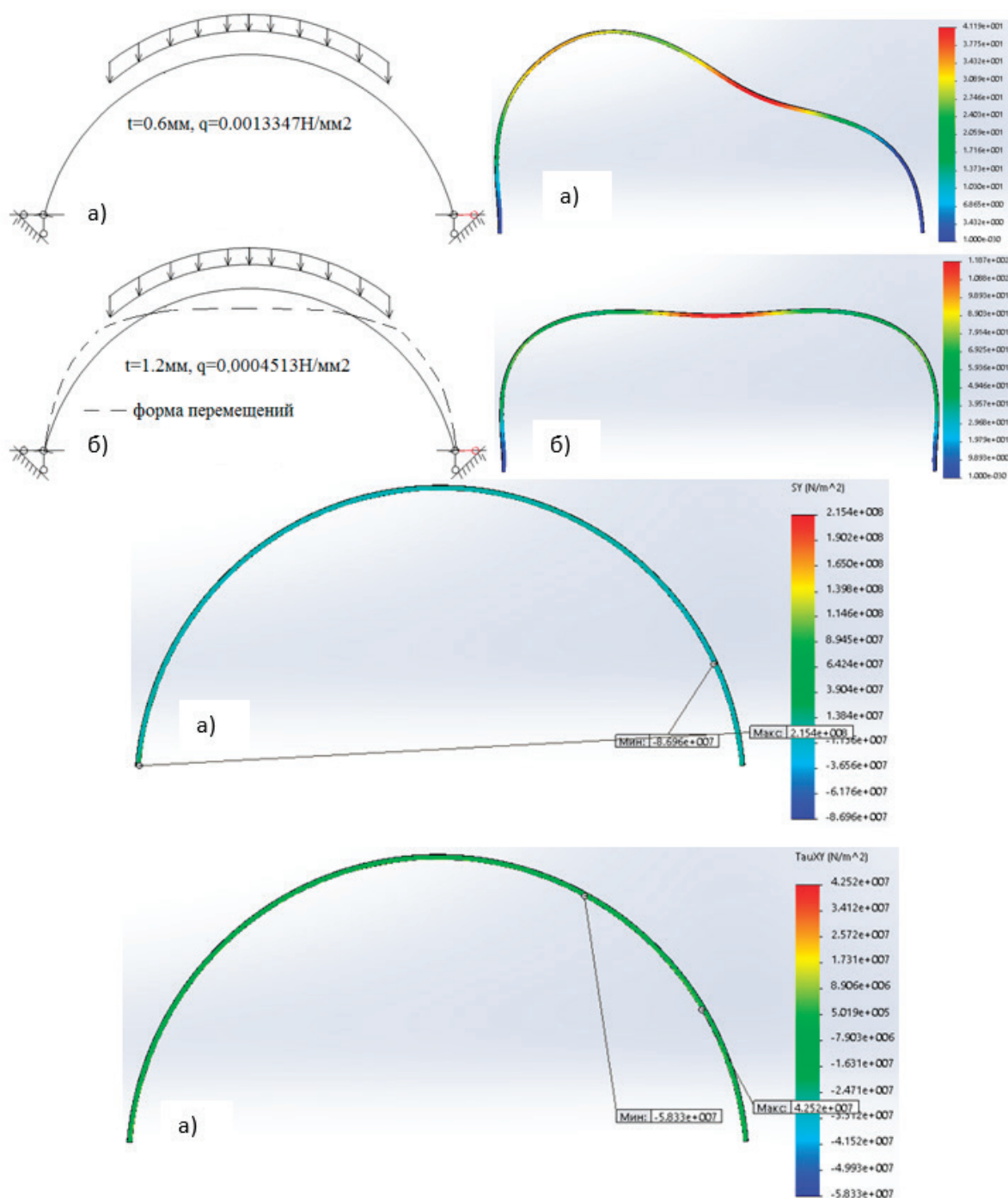


Рис. 4. Форма загрузки, эпюра распределения перемещений и нормальных, тангенциальных напряжений

Результаты: численно определили предельно допустимые нагрузки при соприкасающихся нижних полках профилей в своде и при загрузке свода не по всей длине, так как незагруженные профили с противоположной стороны направления верхних полок обеспечивают закрепление показанное на рис. 1, при небольших нагрузках. В зависимости от формы зугружений предельная нагрузка отражена в таблице, эпюры распределения напряжений/перемещений показаны на рис. 2–4, на которых отражена работа нижней/верхних, гофрированных/прямолинейных участков при работе по данной расчетной схеме и от-

сутствие влияния несимметричного поперечного сечения ($M_{кр}$) (приблизительная величина предельно допустимой нагрузки по напряжениям (вычислена интерполяцией по одинаковым формам перемещений)). Предельные нагрузки приемлемы при условии закрепления всего поперечного сечения в узлах закрепления.

Обсуждения: данные нагрузки уместны при данном соотношении стрелы подъема к пролету с закреплением всего поперечного сечения в основании, при данном пролете 18м и стрелой подъема 8.5м.

Литература:

1. Карабутов М.С. Численное определение критической нагрузки по предельным перемещениям и напряжениям арки из гофрированного U-образного тонкостенного профиля при загрузке гравитационной нагрузкой // Молодой ученый.— 2019.— № 43.— С. 19–22 — URL
2. Карабутов М.С. Численное определение предельно допустимой нагрузки на свод-арку из гофрированного U-образного тонкостенного профиля. // Молодой ученый.— 2020.— № 10.
3. Карабутов М.С. Численное определение предельно допустимой ветровой нагрузки на свод-арку из гофрированного U-образного тонкостенного профиля. // Молодой ученый.

Современные методы и направления использования «сухих» технологий при производстве отделочных работ

Кулагин Денис Сергеевич, студент магистратуры;
Комаров Андрей Константинович, кандидат технических наук, доцент
Иркутский национальный исследовательский технический университет

В статье авторы рассматривают новые технологии сухого строительства и проводят сравнительный анализ «сухих» и традиционных процессов при производстве отделочных работ.

Ключевые слова: гипс, гипсокартонный лист, сухое строительство, ремонтно-строительные, методы сгибания, металлический каркас.

Одним из популярнейших конструктивных решений, используемых в новом строительстве и реконструкции существующих зданий, является применение технологий сухого строительства. Сухое строительство базируется на использовании таких современных материалов как гипсокартонные листы и их производные, совместно с металлическими профилями различного назначения (см. рис. 1а).

Всем известен такой отделочный материал, как штукатурка и работы, связанные с ней. Также, и возведение перегородок из штучных материалов, таких как кирпич, газо- и пенобетонные блоки, пазогребневые гипсовые блоки. Данные технологии, описанные ранее, относятся к понятию традиционных или «мокрых» процессов строительства (см.рис.1б).

Штукатурка используется практически во всех домах и помещениях общественных зданий на поверхности стен и потолков. Однако, не смотря на многие преимущества, использование гипсокартона при выполнении отделочных работ позволяет добиться более сложных интерьерных решений, которых не достичь при стандартных приемах.

Благодаря «сухим» технологиям возможно качественно преобразить облик помещений, выйти за пределы однообразия, а также архитектурно подчеркнуть индивидуальность отдельно взятого пространства. Выразительность внутреннего облика зданий достигается за счет использования разнообразия видов гипсокартона, предлагаемых на рынке данного сегмента.

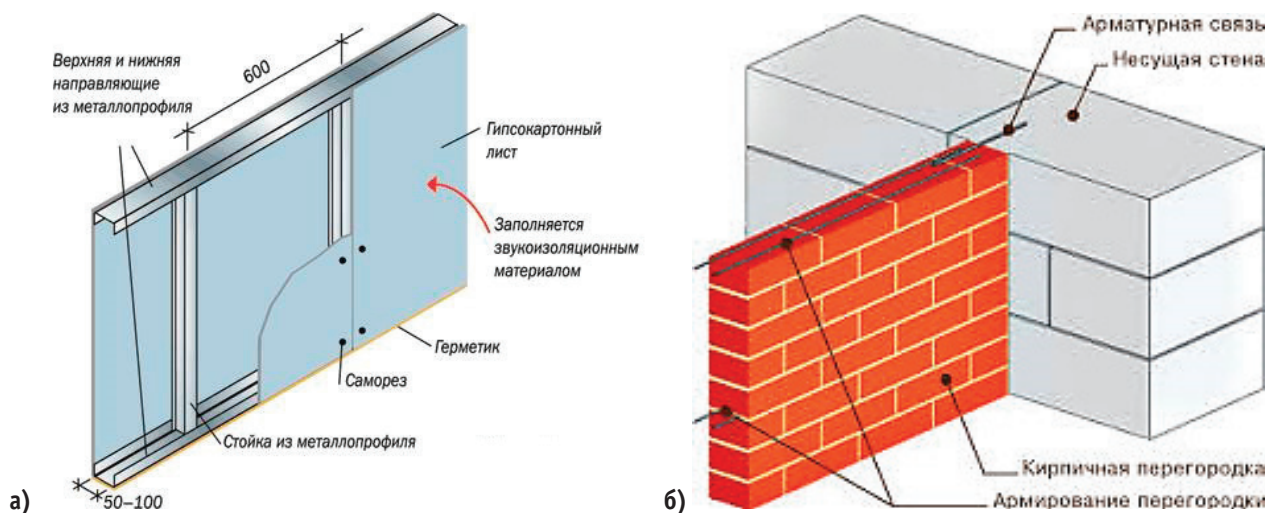


Рис. 1. Технологии строительства: а) «сухое», б) традиционное «мокрое»

Рассматривая материалы «сухого» строительства, следует отметить их многообразие, связанное с различиями по составу, типу, удобству монтажа и прочим характеристикам, в том числе по огнестойкости и экологичности. Несмотря на сравнительную новизну данных материалов, основой гипсокартонных листов является гипс, который получил широкое применение в период до нашей эры.

Гипс — один из наиболее древних и известных строительных материалов. Гипс является минералом класса суль-

фатов [3], представлен на рис. 2. Его история началась с использования человеком при строительстве и декорировании зданий в виде штукатурки и алебастра за девять тысяч лет до нашей эры. В период истории древнего Египта, во времена правления фараонов, гипс применялся как цемент при возведении пирамиды Хеопса. В эпоху истории V–XV веков, в эпоху Возрождения, из штукатурки на основе гипса выполняли элементы для украшения красивейших зданий и сооружений.

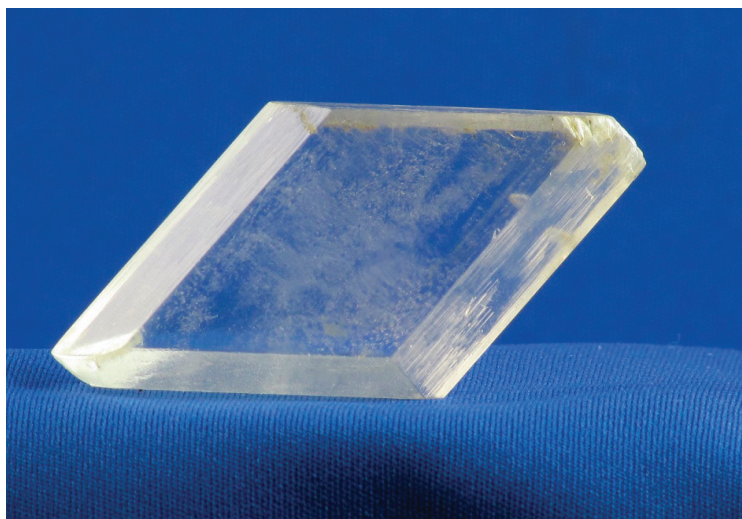


Рис. 2. Гипс — минерал класса сульфатов ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Характеристики гипса отличаются своей универсальностью. Белый цвет, твердение при соединении с водой и принятие необходимой формы, а также прочность сделали его неотъемлемой частью при производстве ремонтно-строительных работ по всему миру.

Исключительные свойства гипса заключаются в том, что при универсальном применении в строительстве, он также является:

- огнестойким;
- препятствующим звукопроводимости;
- материалом, способным к поглощению/отдаче влаги и тепла;
- высокоэкологичным.

Добыча гипса осуществляется открытыми или шахтными способами из земли [2]. После прохождения температурной обработки, в результате которой происходит его частичное осушение, гипс перемалывают, получая белый порошок (чистый гипс).

Для изготовления гипсокартонных листов гипс в виде мелкой крошки смешивают с водой, порошкообразными минералами и химикатами, а также химическим мылом. Сухие компоненты придают плите нужную структуру, а мыло вспенивает материал, что делает его легче. Полученную смесь, называемую шламом, заливают между слоями картона, после равномерного распределения картон фальцуют, чтобы шлам остался внутри [1]. После формовки края придают ровную поверхность.

После всех этапов формирования листы гипсокартона нарезают на нужную длину, высушивают, давая пройти 4 температурные зоны от 350 до 150 °С, затем панели фасуют, наносят необходимую информацию и отправляют на реализацию.

Основные виды гипсокартона включают (см.рис.3) [4]:

- обычные гипсокартонные листы (ГКЛ)
- огнестойкие гипсокартонные листы (ГКЛО)
- влагостойкие гипсокартонные листы (ГКЛВ)

Также существуют другие производные гипсокартона:

- влагоогнестойкие гипсокартонные листы (ГКЛВО)
- гипсоволокнистый лист (ГВЛ)
- гипсокартонный лист фасадный (ГКЛФ).

Одним из распространенных методов «сухого» строительства являются гибкие технологии, при использовании которых гипсокартонным листам придают нужную форму, отвечающую требованиям архитектурной задумки. Материал активно применяют при создании многопрофильных перегородок, выравнивания поверхности стен и потолков, изготовления арок и пр. Причем каждая из указанных конструкций может иметь ниши, конкретный рельеф, преобразования в ширине и форме, и прочие изменения. Для этих целей применяют два метода гибки гипсокартонных листов — мокрый и сухой [5]. Выбор метода зависит от величины требуемого радиуса изгиба листа. Данная зависимость представлена в таблице 1.

Мокрый метод заключается в подготовке листа к изгибу, за счет его увлажнения. Прежде чем начать работы, требуется изготовить шаблон из металлопроката или металлических про-



Рис. 3. Виды гипсокартонных листов

филей, представляющий собой каркас, с необходимым радиусом для гибки листов. После чего ГКЛ смачивают водой с обеих сторон, не оставляя сухих следов, через полчаса увлажнения приступают к приданию необходимой формы. Лист с одной стороны шаблона фиксируют при помощи крепежных элементов, далее плавна загибая материал, закрепляют другую сторону листа к шаблону. После высыхания в течении 24–36 часов материал можно использовать для монтажа конструкций.

Сухой метод заключается в изгибе листов в сухом состоянии по уже подготовленному каркасу, на который должен быть смонтирован материал. Данный способ применяется лишь в случаях, когда не требуется значительный радиус изгиба. Крайние опоры каркаса должны быть максимально усилены, поскольку они будут испытывать максимальную нагрузку. Закрепив к крайнему профилю гипсокартонный лист, постепенно сгибается свободная часть, с приложением усилий. После чего закрепляется другой край листа.

Таблица 1. Зависимость величины радиуса изгиба и метода сгибания листов ГКЛ

Толщина листа, мм Метод сгибания ГКЛ	Радиус изгиба, мм	
	«Мокрый» метод	«Сухой метод
6,5	> 30	от 1000
8,0	> 380	от 1500
9,5	> 500	от 2000
12,5	> 1000	от 2750

Универсальность гипсокартона, как строительного материала, обусловлена его разнообразием. Возможность его применения в помещениях любого назначения и с различными категориями пожароопасности, делает его неотъемлемой частью методов «сухого» строительства.

В основном «сухое» строительство базируется на комплексной технологии, объединяющей в себе гипсокартонные листы в качестве облицовочного материала, а основой является металлический каркас, отвечающий за прочность и устойчивость возводимых конструкций. Благодаря скорости и простоте в использовании такие методы сместили на второй план «мокрые» процессы при выполнении отделочных работ.

В сравнении с «мокрыми» процессами использование «сухих» технологий несколько не уступают вышеуказанным, а также имеют ряд значимых преимуществ:

- 1) Звукоизоляция, с использованием звукоизоляционных материалов;
- 2) Легкость конструкции;

- 3) Хорошие прочностные характеристики, с наличием усиления;
- 4) Экономичность в использовании отделочных материалов;
- 5) Возможность возведения массивных конструкций большой высоты;
- 6) Экологичность;
- 7) Пожаробезопасность в зависимости от типа листа.

Сравнительный технико-экономический анализ «мокрого» и «сухого» методов строительства

Анализ технико-экономических ремонтно-отделочных работ традиционного («мокрого») и «сухого» методов строительства основывался на типовом помещении, площадью 39,0 м², с высотой в чистоте 3,0 м (см. рис. 4). Стены помещения выполнены из кирпича, перекрытия — железобетонные. Ровность стен имеет отклонения порядка 3,5 см.

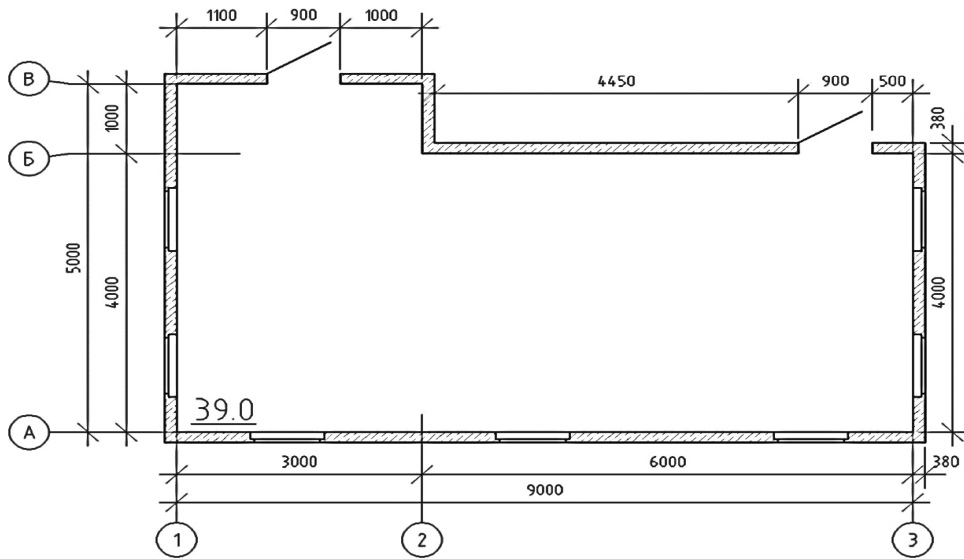


Рис. 4. План этажа рассматриваемого помещения для проведения анализа

Условно принято рассмотреть возведение межкомнатной перегородки для зонирования пространства, и устройство простенков для разграничения зоны прихожей. А также, выравнивание поверхности стен, потолка и пола, для последующей чистовой отделки.

Для сравнительного анализа традиционных методов и «сухих» составлено две дефектные ведомости, включающие в себя оба вида технологий. В первой (см. таблицу 2) перегородка и простенки выполнены из штучных материалов, а именно из кирпича, толщиной 120 мм (см. рис. 5). Выравнивание отклонений ровности стен и потолка произведено при помощи штукатурки, суммарно увеличивающей толщину стены, не более 35мм, поверхность пола выровнена самонивелирующим составом.

После окончания подготовительных работ выполнена чистовая отделка потолка — водоэмульсионной краской, стены

окрашены акриловой, с добавлением пигмента (цвет подбирается по согласованию с заказчиком), а на полы выстилается линолеум.

Во второй дефектной ведомости (см. таблицу 3) перегородка и простенки выполнены из листов ГКЛ по металлическому каркасу. Перегородка и простенки представляют собой перегородку С112 по технологии Кнауф [6], состоящей из каркаса № 75, облицовки с двух сторон двумя слоями гипсокартона, толщиной 12,5 мм, а также прокладкой плитного звукоизоляционного материала, толщиной 75 мм. (см. рис. 6).

Выравнивание стен, потолка выполнено также из ГКЛ по металлокаркасу малой толщины, суммарно увеличивающей толщину стены и потолка не более, чем на 40мм. Покрытие пола, отделка помещения остаются такими же, как и в дефектной ведомости № 1.

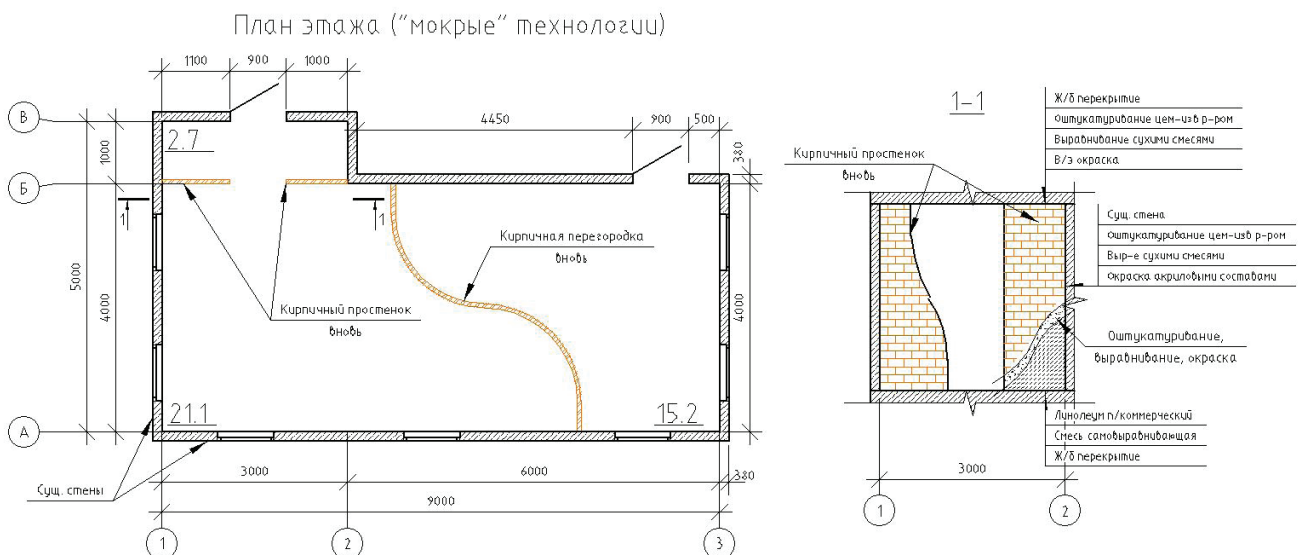


Рис. 5. Схема ремонтно-строительных работ по технологиям «мокрого» строительства

Таблица 2. Дефектная ведомость № 1 (технологии «мокрого» строительства)

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Кол-во	Прим.
1	Оштукатуривание поверхности потолка цементно-известковым р-ром, толщиной до 20мм	м ²	39,00	
2	Шпаклевание поверхности потолка сухими смесями, толщиной до 3 мм, с грунтовкой основания	м ²	39,00	
3	Окраска поверхности потолка в/эмульсионной краской за 2 раза вновь, с грунтовкой основания	м ²	39,00	
4	Устройство кирпичной перегородки вновь, в полкирпича (толщиной 120мм) на цементно-песчаном р-ре, с армированием через 5 рядов кладки сеткой Вр-1 $\Phi=3$ мм, с ячейками 50х50 = 3,5м ² (7,8кг), штыри из арматуры $\Phi=6$ мм, l=100 (=7,85 кг), со сверлением отверстий (= 10шт)	м ³	2,05	
5	Устройство кирпичных простенков вновь, в полкирпича (толщиной 120мм) на цементно-песчаном р-ре, с армированием через 5 рядов кладки сеткой Вр-1 $\Phi=3$ мм, с ячейками 50х50 = 1,3м ² (2,8кг), штыри из арматуры $\Phi=6$ мм, l=100 (= 7,85кг), со сверлением отверстий (= 10шт)	м ³	0,87	
6	Оштукатуривание поверхности перегородки и простенков цементно-известковым р-ром, толщиной до 20мм	м ²	47,70	
7	Выравнивание поверхности перегородки и простенков сухими смесями, толщиной до 5 мм, с грунтовкой основания	м ²	47,70	
8	Окраска перегородки и простенков акриловой краской вновь, за 2 раза, с грунтовкой основания, с добавлением пигмента	м ²	47,70	
9	Оштукатуривание поверхности существующих стен цементно-известковым р-ром, по маякам, толщиной до 30мм	м ²	25,70	
10	Оштукатуривание откосов прямолинейных цементно-известковым р-ром, шириной до 200мм	м ²	2,50	
11	Выравнивание поверхности существующих стен и откосов сухими смесями, толщиной до 5 мм, с грунтовкой основания	м ²	28,20	
12	Окраска стен и откосов акриловой краской вновь, за 2 раза, с грунтовкой основания, с добавлением пигмента	м ²	28,20	
13	Выравнивание поверхности пола самонивелирующейся смесью, толщиной 30 мм	м ²	39,00	
14	Укладка линолеума п/коммерческого, толщиной 3,2мм	м ²	39,00	
15	Установка плинтусов пластиковых Фурнитура: Уголки наружные — 8,0 шт., Уголки внутренние — 12,0 шт., Соединительные — 8,0 шт., Заглушки — 4,0 шт.	м.п.	14,60	6шт.

Таблица 3. Дефектная ведомость № 2 (технологии «сухого» строительства)

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Кол-во	Прим.
1	Облицовка поверхности потолка ГКЛ 12,5мм в один слой, по металлокаркасу: ПП60/27–130,0 м.п.	м ²	39,00	
2	Выравнивание потолка сухими смесями, толщиной до 5 мм, с грунтовкой основания	м ²	39,00	
3	Окраска потолка в/эмульсионной краской за 2 раза вновь, с грунтовкой основания	м ²	39,00	
4	Устройство перегородки из ГКЛ 12,5мм, № С112, толщиной 125мм, с прокладкой звукоизоляции, толщиной 75мм (V=2,1м ³), ПН 75 = 28,5 м.п., ПС 75 = 57,0 м.п. Метры реза профиля — 65,0м.п.	м ²	17,10	
5	Устройство простенков по мет.профилю, с облицовкой ГКЛ 12,5мм в 1 слой, толщиной 125мм, с прокладкой звукоизоляции, толщиной 75мм (V=0,6м ³), ПН 75 = 15,0 м.п., ПС 75 = 18,0 м.п., ПА = 4м.п. Метры реза профиля — 20,0 м.п.	м ²	15,60	

Таблица 3 (продолжение)

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Кол-во	Прим.
6	Шпаклевание поверхности перегородки и простенков по ГКЛ	м2	49,80	
7	Окраска перегородки и простенков акриловой краской вновь, за 2 раза, с грунтовкой основания, с добавлением пигмента	м2	49,80	
8	Облицовка поверхности существующих стен и откосов ГКЛ 12,5мм в один слой, по металлокаркасу: ПП60/27–160,0 м.п.	м2	25,70	
9	Облицовка поверхности существующих откосов ГКЛ 12,5мм в один слой, по металлокаркасу.	м2	2,50	
10	Шпаклевание поверхности стен и откосов по ГКЛ	м2	28,20	
11	Окраска перегородки и простенков акриловой краской вновь, за 2 раза, с грунтовкой основания, с добавлением пигмента	м2	28,20	
12	Выравнивание поверхности пола самонивелирующей смесью, толщиной 30 мм	м2	39,00	
13	Укладка линолеума п/коммерческого, толщиной 3,2мм	м2	39,00	
14	Установка плинтусов пластиковых Фурнитура: Уголки наружные — 8,0 шт, Уголки внутренние — 12,0 шт, Соединительные — 8,0 шт, Заглушки — 4,0 шт.	м.п.	14,60	6 шт.

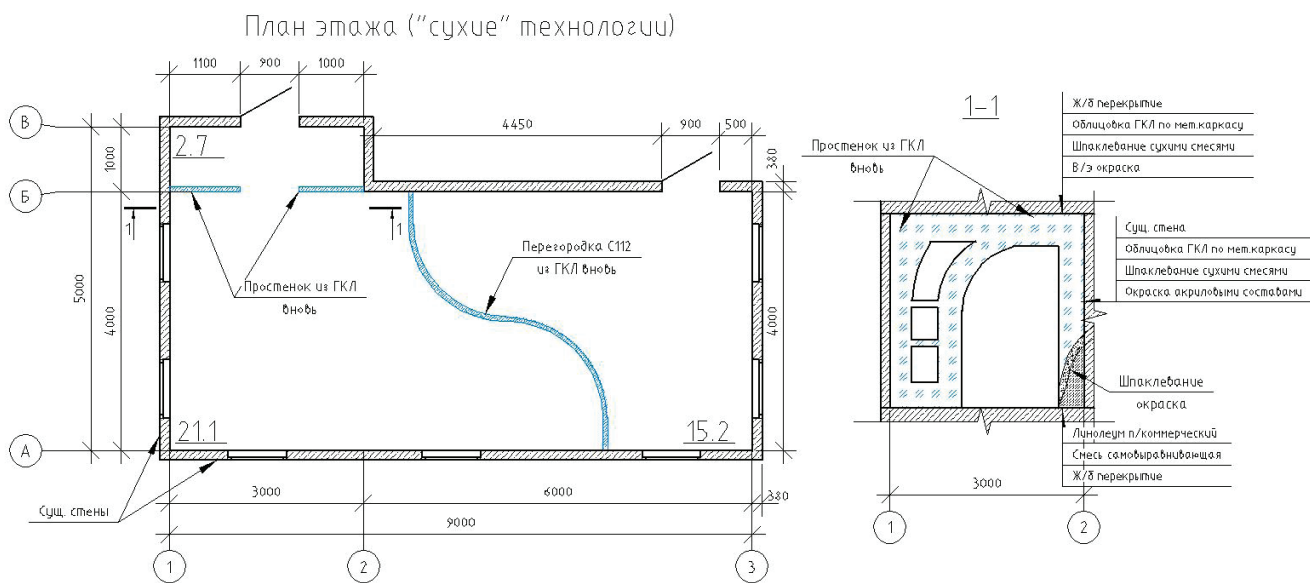


Рис. 6. Схема ремонтно-строительных работ по технологиям «сухого» строительства

Однако стиль простенка из ГКЛ представляет собой более сложную в геометрии форму, со сквозными нишами и более изогнутыми формами, чего при помощи кирпичной перегородки достичь практически невозможно. А по времени и сложности в работе не отличается от классических перегородок.

На основании двух дефектных ведомостей составлены два локальных ресурсных сметных расчета. Титульные листы смет представлены на рисунках 7, 8.

Сравнение технико-экономических показателей по двум видам ремонтно-строительных работ базируется на сравнении общей стоимости работ, фонда оплаты труда, стоимости материалов. По итогам сметных расчетов построена линейная гистограмма стоимости основных показателей (см. рис. 9).

По рисунку 9 видно, что общая стоимость работ методом «сухого» строительства на 65,353 тысячи рублей дешевле, чем «мокрого». Также, традиционные технологии по затратам на материалы являются дороже на 11,581 тысяч рублей. Фонд оплаты труда дороже «сухого» на 23,650 тысяч рублей. Трудозатраты рабочих по смете № 1 составили 305,95 чел.час., по смете № 2–216,53 чел.час. При 8-ми часовой смене, с 3-мя рабочими продолжительность работ составит 13 дней «мокрым» и 9 дней «сухим» методами строительства.

Для удобства сравнения стоимости ремонтно-строительных работ в зависимости от методов сводится к 1 м² поверхности, т.к. площади рабочей поверхности и видов работ отличаются (см.табл. 4). Анализируя результаты сравнения смет можно сделать вывод, что использование методов сухого строительства

ЛОКАЛЬНЫЙ РЕСУРСНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ № 1
(локальная смета)

Дефектная ведомость № 1 (традиционные методы)

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание: ДВ № 1

Сметная стоимость строительных работ _____ 297,955 тыс. руб.

Средства на оплату труда _____ 75,887 тыс. руб.

Сметная трудоемкость _____ 305,95 чел.час

Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на _____

№ пп	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.		Сметная стоимость в текущих (прогнозных) ценах, руб.						Т/з осн. раб.	Т/з мех.
				на ед.	всего	на ед.	общая	В том числе					
								Осн.З/п	Эк.Маш.	З/пМех	Мат		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Раздел 1.													
1	ГЭСН15-02-016-04	Штукатурка поверхностей внутри здания цементно-известковым или цементным раствором по камню и бетону: улучшенная потолок <i>Отделочные работы:</i> НР (8241 руб.): 105%*0,85 от ФОТ СП 0% от	100 м2		0,39 39/100	31943,02	12458	8628	760	606	3070	33,93	
		Затраты труда рабочих (ср 3,8)	чел.-ч	87	33,93	254,3	8628,4	8628,4					
	91.06.06-048	Подъемники одномачтовые, грузоподъемность до 500 кг, высота подъема 45 м	маш.час	0,84	0,33	381,46	125,88		125,88	115,49			
	91.07.07-041	Растворонасосы: 1 м3/ч	маш.час	5,45	2,13	298,93	636,72		636,72	492,8			
	04.3.01.12-0111	Раствор готовый отделочный тяжелый: цементно-известковый 1:1:6	м3	1,92	0,7488	4006	2999,69				2999,69		
	08.1.02.17-0161	Сетка тканая с квадратными ячейками № 05: без покрытия	м2	5,54	2,161	30,7	66,34				66,34		
2	ГЭСН15-04-027-06	Шпатлевка при окраске по штукатурке и сборным конструкциям: потолков, подготовленных под окраску <i>Отделочные работы:</i> НР (1484 руб.): 105%*0,85 от ФОТ СП 0% от	100 м2		0,39 39/100	5713,87	2228	1656	16	7	556	6,44	

Рис. 7. Титульный лист ЛРСР № 1 на основании ДВ № 1 по технологиям «мокрого» строительства

ЛОКАЛЬНЫЙ РЕСУРСНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ № 2
(локальная смета)

Дефектная ведомость № 2 ("сухое" строительство)

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание: ДВ № 2

Сметная стоимость строительных работ _____ 232,602 тыс. руб.

Средства на оплату труда _____ 52,273 тыс. руб.

Сметная трудоемкость _____ 216,53 чел.час

Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на _____

№ пп	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.		Сметная стоимость в текущих (прогнозных) ценах, руб.						Т/з осн. раб.	Т/з мех.
				на ед.	всего	на ед.	общая	В том числе					
								Осн.З/п	Эк.Маш.	З/пМех	Мат		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Раздел 1.													
1	ГЭСН10-05-011-02	Устройство потолков из гипсокартонных листов (ГКЛ) по системе «КНАУФ»: одноуровневых (П 113) <i>Деревянные конструкции:</i> НР (9317 руб.): 118%*0,85 от ФОТ СП 0% от	100 м2		0,39 39/100	51664,91	20149	9289	16		10844	37,83	
		Затраты труда рабочих (ср 3,5)	чел.-ч	97	37,83	245,55	9289,16	9289,16					
	91.21.12-004	Ножницы: электрические	маш.час	0,32	0,12	126,12	15,13		15,13				
	01.6.01.02	Листы гипсокартонные	м2	111	43,29	86,5	3744,59				3744,59		
	01.7.06.04-0002	Лента бумажная для повышения трещиностойкости стыков ГКЛ и ГВЛ	м	68	26,52	2,4	63,65				63,65		
	01.7.06.11	Лента уплотнительная типа Дихтунгсбанд	м	135	52,65	6,45	339,59				339,59		
	01.7.15.07-0082	Дюбель-гвоздь 6/39 мм	100 шт	0,81	0,3159	124,6	39,36				39,36		
	01.7.15.07-0152	Дюбель с шурупом 6/35 мм	100 шт	3,22	1,256	135,6	170,31				170,31		
	01.7.15.14-0042	Шуруп самонарезающий: (LN) 3,5/9,5 мм	100 шт	3,68	1,435	20	28,7				28,7		
	01.7.15.14-0044	Шуруп самонарезающий: (TN) 3,5/25 мм	100 шт	22,21	8,662	20	173,24				173,24		

Рис. 8. Титульный лист ЛРСР № 2 на основании ДВ № 2 по технологиям «мокрого» строительства

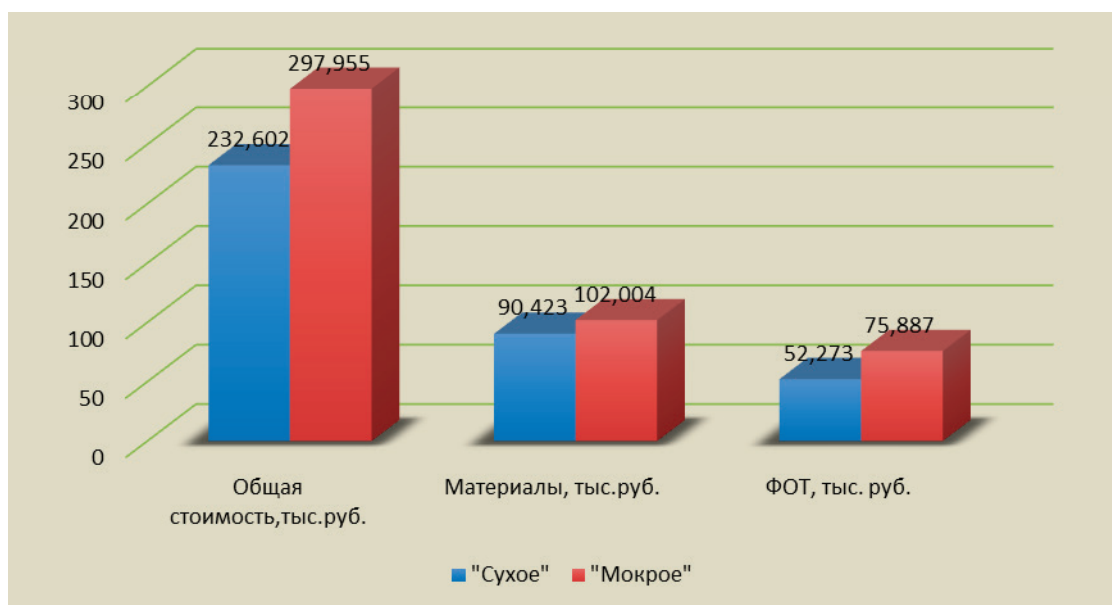


Рис. 9. Сравнение стоимости «сухого» и «мокрого» методов строительства

существенно снижает общие затраты ремонтно-строительных работ. Стоимость возведения перегородки и простенков из ГКЛ, а также облицовка поверхности стен и потолков с целью

выравнивания на 25,0–27,0% ниже стоимости возведения кирпичных перегородки и простенков, как и оштукатуривание поверхности.

Таблица 4. Сравнение стоимости ремонтно-строительных работ

№ п/п	Наименование работ	Общая стоимость на 1 м ²	Общая стоимость на 1 м ²
		Традиционные методы строительства	«Сухие» методы строительства
1	Выравнивание и чистовая отделка поверхности потолка	406,3 р.	568,5 р.
2	Устройство перегородки и простенков	1 293,2 р.	991,5 р.
3	Выравнивание и чистовая отделка перегородки и простенков	1 299,5 р.	176,6 р.
4	Выравнивание и чистовая отделка поверхности стен	840,4 р.	614,8 р.
5	Выравнивание и покрытие пола линолеумом	1 653,5 р.	1 653,5 р.
Итого:		5 492,9 р.	4 004,8 р.

При рассмотрении существующих современных методов сухого строительства был проведен сравнительный анализ технико-экономических показателей, а также рассмотрены преимущества и недостатки данной технологии. По результатам данного анализа было выявлено, что применение методов сухого строительства, с использованием гипсокартонных листов по металлическому каркасу, имеет ряд преимуществ в виде:

- сокращения расходов на отделочные материалы;

- снижение трудозатрат при монтажных работах;
- существенного сокращения времени производства работ;
- простота технологии возведения конструкций, не требующих высокой квалификации монтажников.

Применение методов сухого строительства при производстве отделочных работ снижает стоимость на 25,0–27,0%, что является существенным показателем, учитывая объемы, которые охватывают реконструируемые и вновь возводимые здания.

Литература:

1. Башкатов, Н.Н. Минеральные воздушные вяжущие вещества: учеб. пособие / Н.Н. Башкатов.— Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018.— 148 с.

2. Вознесенский А. С. [и др.]. Технология добычи гипса на предприятии «Кнауф Гипс Новомосковск»: учеб. Пособие / А. С. Вознесенский [и др.] — М.: Изд. Дом МИСиС, 2016. — 96 с.
3. Руднов В. С. [и др.]; под общ. ред. доц., канд. техн. наук И. К. Доманской. Строительные материалы и изделия: учеб. Пособие / В. С. Руднов [и др.] — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018. — 203 с.
4. Обзор видов гипсокартона // ogipse.ru. URL: <https://ogipse.ru/125-vse-o-vidah-gipsokartona/> (дата обращения: 30.04.2020).
5. Как правильно согнуть гипсокартон, чтобы придать ему определенную форму // Гипсокартон. URL: <https://mrgipsokarton.ru/uroki/kak-gnut> (дата обращения: 30.04.2020).
6. Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. Серия 1.031.9–2.07. Комплексные системы «Кнауф» перегородки по элементной сборке из гипсовых строительных плит на металлическом и деревянном каркасах для жилых, общественных и производственных зданий. — 4-е изд. —: ООО «Стройпроект-XXI», 2018. — 99 с.

Композитные балки Deltabeam®

Ластовецкая Ирина Юрьевна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье автор приводит основные сведения о конструкции, применении и характеристики композитных балок Deltabeam®.

Ключевые слова: композитные балки, металлические конструкции, системы тонких перекрытий.

Композитные балки Deltabeam® являются разработкой группы компаний Peikko Group, и начали активно применяться в 1988 году после испытаний в Техническом исследовательском центре в Финляндии. Композитные сварные балки трапециевидного поперечного сечения со специальными перфорированными стенками были разработаны для совместного использования с предварительно напряженными пустотными плитами перекрытия в системах тонких полов [2].

Балка Deltabeam® состоит из четырех стальных листов, сваренных вместе в коробчатое сечение. Боковые наклонные стенки решетки имеют круглые отверстия. Внутри балки расположены два арматурных стержня для повышения огнестойкости. Через отверстия в балке происходит заполнение ее бетоном, а также возможно соединение плит перекрытия при помощи предварительно напряженной арматуры. При применении предварительно напряженной арматуры в плитах пе-

рекрытия, пролеты, перекрываемые балкой, могут достигать 14 м. При увеличении шага колонн возможно менять планировку здания под эксплуатационные нужды на протяжении всего его жизненного цикла. Конструкция балки приведена на рис. 1.

Применение описанных систем позволяет также принимать эффективные решения при использовании тонкостенных или монолитных плит перекрытия. Оптимизированные решения с точки зрения минимизации высоты конструкции, высокой несущей способности, простого и очень быстрого монтажа, стандартизированные детали и возможность универсального использования композитных балок, создают прочную основу для успешного и технически эффективного их использования как с железобетонными конструкциями, так и в стальных каркасах. При проектировании в соответствии с EN1993–1–1:2005 и EN1994–1–1:2004 учтены все возможные вопросы несущей

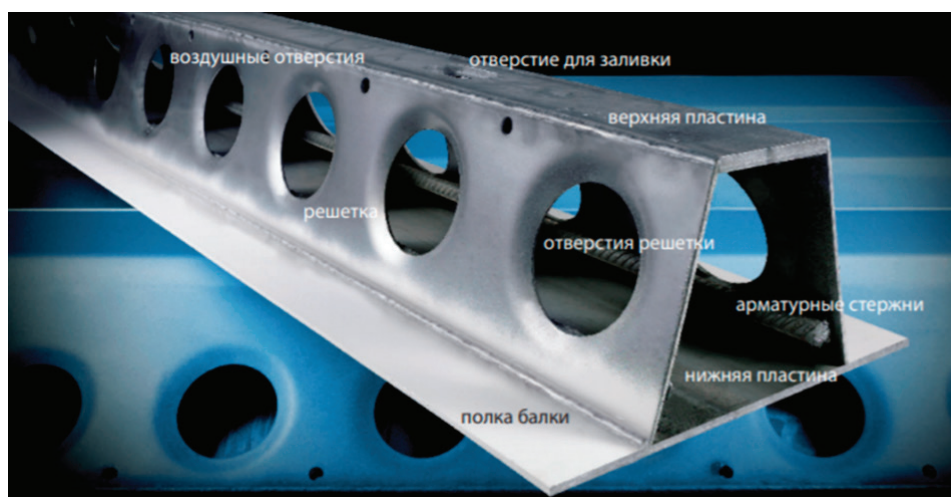


Рис. 1. Конструкция композитной балки Deltabeam®

способности и жесткости как для балок, так и для поддерживающих элементов плит перекрытия [2].

Использование конструкционных балок Deltabeam® экономит конструкционную высоту, снижает энергопотребление в зданиях, упрощает монтаж инженерных сетей, параллельно с этим значительно сокращается время общего монтажа здания и затраты при строительстве. Название Deltabeam® было выбрано, чтобы выделить данный тип композитных балок из других балок трапециевидного сечения, так как данный тип имеет несколько определяющих преимуществ. Коробчатое сечение балки обеспечивает жесткость при кручении, что является преимуществом на стадии монтажа. Несмотря на коробчатое сечение, обеспечивается качественное заполнение бетоном внутренней части балки в построечных условиях, благодаря достаточно большому перфорированному отверстию в стенках. Прежде всего, перфорированные круглые отверстия специальной формы с постоянным шагом 300 мм обеспечивают эффективное взаимодействие стального корпуса с заполнителем из бетона после полного отверждения. Отверстия могут служить пространством для любого вида поперечных связей через тело балки. В основном это используется для соединения плит по обеим сторонам балки. Также очень распространено использование отверстий для пропуска инженерных сетей [1].

Технологии позволяют изготавливать балки с предварительным выгибом для отдельных участков конструкции с учетом действующих нагрузок, конструктивных решений и требований проектировщика. Применение пустотных плит перекрытия с высотой, соответствующей высоте балки, обеспечивает максимальное использование преимуществ сборных конструкций: простой и быстрый монтаж, отсутствие необходимости применения опалубки, значительное сокращение временных поддерживающих опор и раскреплений. Тем не менее, балки Deltabeam® также успешно применяются с монолитными плитами, композитными плитами по гофрированному листу и т.д. Во избежание поворота балки на опоре на время монтажа, требуется установка поддерживающих стоек в местах примыкания балки к колонне. Они демонтируются после набора прочности бетона, заполняющего балку. При изготовлении моно-

литных плит может потребоваться поддержка балки по всей длине для обеспечения лучшей цементации плиты и бетона балки. На рис. 2. представлено применение балок с монолитными плитами перекрытия с использованием временных креплений [1].

На начальных этапах внедрения Deltabeam® в Европе, они находили свое применение только в надстраиваемых частях железобетонных зданий. Благодаря интересу конструкторов и архитекторов в последующие годы, балки Deltabeam® стали применяться совместно со стальными или композитными конструкциями. Соединение балок с любыми типами колонн, несущих стен, плит всегда предполагало болтовое соединение, не имело стандартного решения и менялось в зависимости от проекта. Разработка Peikko Frame® принесла компании типовое решение, например, соединение с композитными сталежелезобетонными колоннами круглого или квадратного сечения на стальных скрытых кронштейнах [2]. При соединении балки с колоннами используются такие решения как скрытые консоли, анкерные болты и анкерные плиты. Сопряжение балки Deltabeam® с колонной трубного сечения показано на рис. 3.

Балка приваривается или крепится на болты через опорную пластину к стальной колонне сверху или может быть приварена к консольной части колонны. Типовое решение концевых пластин крепления балок представлено на рис. 4.

В настоящее время балки Deltabeam® нашли широкое применение в Европе. Используемые конструктивные решения основываются на том, что Deltabeam® являются самостоятельными стальными конструктивными элементами, обладающими достаточно высокой способностью передавать весь спектр нагрузок, действующих в стальных или железобетонных рамах [1].

Пример применения балок Deltabeam® в стальном каркасе показаны на рис. 5.

Deltabeam® работает как стальная балка до того момента, пока бетон в ней не наберет требуемой прочности. На стадии монтажа все нагрузки передаются на балку через ее нижнюю полку с консольными выступами, схема передачи усилий представлена на рис. 6.



Рис. 2. Система композитной балки Deltabeam® с монолитными плитами перекрытия

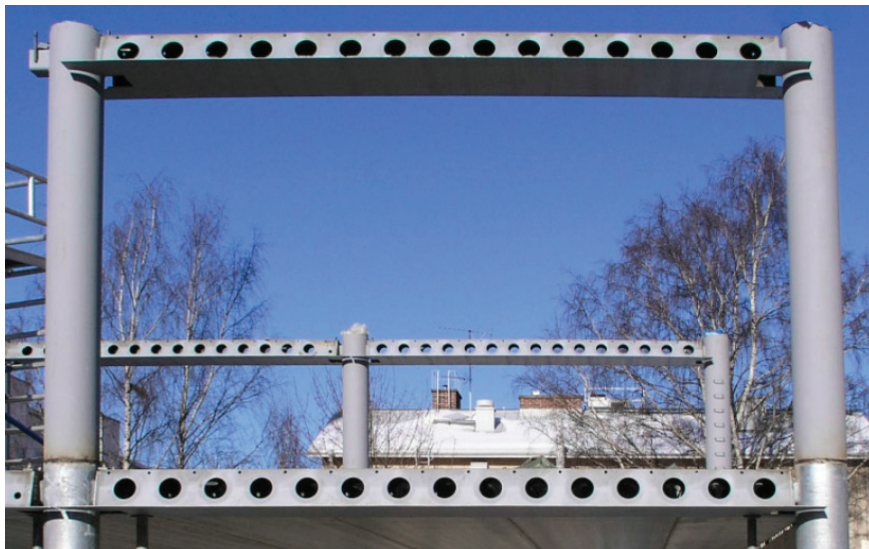


Рис. 3. Сопряжение балки Deltabeam® с колонной трубного сечения



Рис. 4. Концевые пластины крепления балок к колоннам



Рис. 5. Стальные каркасные надстройки с системой тонких перекрытий

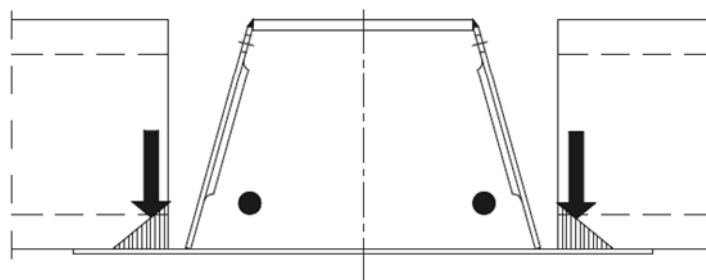


Рис. 6. Схема передачи нагрузки на балку в период монтажа

После установки балки в проектное положение, она полностью заполняется бетоном, формируя композитную структуру. На этом этапе нагрузки передаются на балку по дуге на наклонную решетку. Такую схему работы доказали многие опыты, в которых подвергалась испытаниям балка без консольных

свесов нижней пластины. Заполнение бетоном пространства между балкой и плитой перекрытия объединяет перекрытие в жесткий диск. Поперечная арматура, установленная в отверстия решетки балки, гарантирует передачу нагрузки по нижеприведенной схеме, представленной на рис. 7.

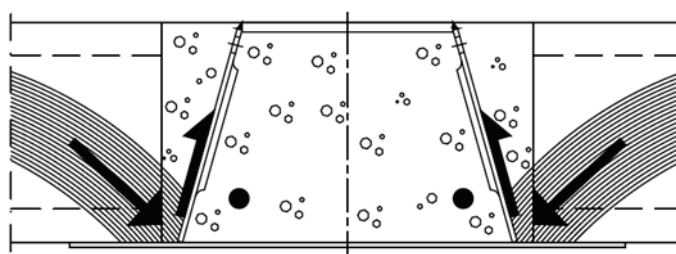


Рис. 7. Схема передачи нагрузки на балку в стадии эксплуатации

Высокая огнестойкость балки обеспечивается благодаря установленным внутри балки арматурным стержням и заполнением ее бетоном. Во время пожара в роли растянутых элементов выступает не только арматура, но и боковая решетка балки. Так

как нижняя пластина балки почти не включается в работу, для нее требуются дополнительных мероприятий по огнезащите. В общем случае балка может соответствовать классу огнестойкости R120 без какой-либо дополнительной огнезащиты [2].

Литература:

1. P.Nadasky. Steel-Concrete Composite Beams for Slim Floors — Specific Design Features in Scope of Steel Frames Design. Procedia Engineering, 2015, no. 40, pp. 274–279.
2. Technical Manual. Deltabeam® Slim Floor Structure. Slim Floor Structure with Integrated Fireproofing, 2018, 35 p.

Разработка оптимальных конструктивных решений легких металлических каркасов одноэтажных однопролетных и многопролетных зданий

Пермякова Анна Юрьевна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье проводится обзор научной литературы в области рамных конструкций. Анализируются оптимальные конструктивные решения металлических поперечных рам.

Ключевые слова: металлическая поперечная рама, тип сечения, марка стали.

Массовое строительство легких металлических одноэтажных однопролетных или многопролетных зданий

возрастает с каждым годом. Каркасы таких зданий используют в качестве различных предприятий, например, в гражданской,

промышленной отрасли, также это могут быть здания складов, ангаров обслуживания, спортивные и др.

Широкое применение лёгких стальных конструкций поясняется многочисленными достоинствами металла — относительно небольшой расход стали, быстрый монтаж конструкций, индустриальность, хорошие прочностные характеристики, надёжность и долговечность, легкий внешний вид в отличие от железобетонных и армокаменных конструкций, ремонтпригодность.

Во всем мире металлические каркасы одноэтажных однопролетных и многопролетных зданий занимают около 50% от общего объема в строительстве, а в России этот вид конструкций оценивается в 30%.

История возникновения металлоконструкций в России началась в 17 веке, тогда еще основным материалом был чугун, который позже с развитием черной металлургии заменили на сталь. Производственная база металлоконструкций начала расширяться в 30-х годах в связи с программой индустриализации. В 50-х годах начали решать важные вопросы экономии стали, упрощения изготовления и ускорения монтажа, появились новые стали повышенной прочности. Основным периодом развития легких металлических конструкций в России являются 70-е года 20-го века. Проектными институтами создавались различные системы несущих металлоконструкций зданий типа «Молодечно», «Канск», «Кисловодск», «Орск», «Москва» и др. [1].

Прогресс в области проектирования и строительства металлических каркасов не стоит на месте. В России насчитывается около 140 крупных производственных компаний и комбинатов. Заводы металлоизделий демонстрируют интенсивное развитие, интерес к выпускаемой продукции растёт. В год на 15–20% увеличивается выпуск металлопроката. Эффективность производства требует рост качества, поэтому в нашей стране металлургическая отрасль производства постоянно развивается, модернизируют существующие цеха и появляются новые заводы, которые выпускают современные металлопрокаты.

На сегодняшний день существует ряд измененных нормативных документов по проектированию, сводов правил, устанавливающих основные правила расчета и проектирования конструкций, а также отражающие номенклатуру новых профилей. Например, недавно вышедший ГОСТ Р 57837–2017 «Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок» [2]. Также постепенно появляются новые высокопрочные стали, требующие новой расчетной основы.

Одноэтажные металлические однопролетные и многопролетные здания включают в себя две основные группы конструкций: несущих и ограждающих элементов. Основные несущие элементы конструкции состоят из фундаментов, колонн и стоек, несущих конструкций покрытий и перекрытий, подкрановых балок и связей. Ограждающими элементами являются наружные и внутренние стеновые ограждения, перегородки, заполнения проемов, конструкция покрытия и пола. Несущие конструкции зданий предназначены для того чтобы принимать и передавать действующие нагрузки на основание здания. Чаще всего одноэтажные металлические однопролетные и многопро-

летные здания проектируются каркасами рамного типа, образующегося вертикальными несущими элементами, на которые опирают ригели рам. Пространственная жесткость и устойчивость здания и его отдельных элементов обеспечивается прогонами, распорками и системой связей в продольном и поперечном направлениях.

Поперечные рамы могут состоять колонн постоянного сечения или переменного, сплошные (ступенчатые) или решетчатые, раздельного типа, обуславливается это назначением здания, наличием тяжелых мостовых кранов и т.д. Сплошные колонны менее трудоемки по сравнению со сквозными и проектируют их из прокатных профилей чаще всего двутавров. Стальные несущие конструкции покрытия в основном выполняют из двутавровых прокатных или составных балок и ферм.

Компоновка конструктивной схемы рамного каркаса здания является обязательным и важным этапом проектирования. Конструктивное решение здания должно быть технически целесообразным, оптимальным, функциональным, при этом элементы горизонтальных и вертикальных конструкций здания, связанные между собой, должны обеспечивать прочность, надежность, устойчивость и пространственную жесткость каркаса. Поиск оптимальных параметров конструкции ведется, как правило, по критерию минимальной металлоемкости.

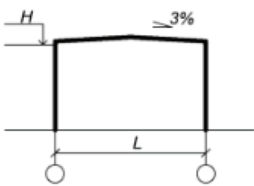
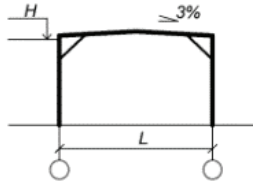
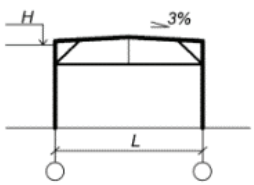
В разработку и исследование принято три типа оптимальных конструктивных схем несущих поперечных рам в зависимости от вида малоуклонного ригеля покрытия, представленные в таблице 1.

Для сокращения количества типоразмеров конструктивных схем принято использовать следующие основные области проектирования зданий-представителей с фиксированными значениями пролётов, габаритной высотой и рациональной конструктивной схемой, представленные на рис. 1.

Подсчет интенсивности нагрузок формируется на основании соответственно районов снеговой и ветровой нагрузки по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [3] и СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [4]. На поперечную раму каркаса действуют постоянные и временные (кратковременные) нагрузки. Также на раму могут действовать особые нагрузки, к примеру, сейсмические, взрывные, технологические нагрузки от инженерного оборудования (длительная). Расчет элементов стальных конструкций проводится в соответствии с нормами СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» [5]. Оптимизация разработанных металлических каркасов зданий заключается в получении экономической выгоды при полном соблюдении нормативных и технологических требований, также обеспечение его прочности и надёжности.

Выполнив параметрический расчет и анализ конструктивных решений рам Р-1, Р-2, Р-3 для основной области проектирования стальных каркасов можно оценить эффективность и сделать следующие выводы по расходу стали и применению различных типов двутавров. Составлены конструкторы сечений с рекомендуемыми параметрами колонн и ригелей, представленные в таблице 2,3,4.

Таблица 1. Группы рассматриваемых поперечников

№ п/п	Уклон покрытия	Название группы поперечников	Описание группы поперечников	Эскиз
1.	3%	P1	Малоуклонный ригель	
2.	3%	P2	Малоуклонный ригель с подкосами	
3.	3%	P3	Малоуклонный ригель с подкосами и затяжкой	

Пролёт L, м	Высота до низа ригеля H, м							Количество пролётов		
	4.8	6.0	7.2	8.4	9.6	10.8	12.0	1	2	3
12	+	+	+					+	+	+
15	+	+	+	+				+	+	+
18	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
24		+	+	+	+	+	+	+	+	+
30			+	+	+	+	+	+	+	+
36			+	+	+	+	+	+	+	+

Рис. 1. Основная область проектирования (синий цвет), дополнительная область проектирования (голубой цвет)

Таблица 2. Выводы и рекомендуемые параметры колонн и ригелей рамы типа P-1 для II ветрового и III снегового районов. Конструкторы сечений

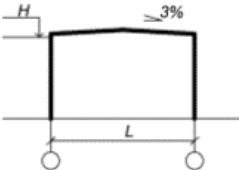
№	Здание-представитель P-1 	Параметры колонны и ригеля	
		Тип сечения/ марка стали	Обоснование
1.	Высота колонны H от 6,0 до 8,4 м. Пролет ригеля L от 12,0 до 18,0 м.	Тип сечения двутавра — Б. Марка стали — С345, С390	Рекомендуется использовать марку стали С390, что уменьшит стоимость колонны/ригеля до 10% в зависимости от высоты/пролёта.
		Тип сечения двутавра — Ш. Марка стали — С390	Приведенная стоимость колонны/ригеля из двутавра типа Ш марки стали С390 отличается от типа Б на 12–26% в зависимости от высоты/пролёта.
2.	Высота колонны H от 8,4 до 12,0 м. Пролет ригеля L от 18,0 до 36,0 м.	Тип сечения двутавра — Б	Наименее металлоемкое сечение.
		Марка стали — С345	Рекомендуется использовать марку стали С390, что уменьшит стоимость до 20% в зависимости от высоты/пролёта.

Таблица 3. Выводы и рекомендуемые параметры колонн и ригелей рамы типа Р-2 для II ветрового и III снегового районов.
Конструкторы сечений

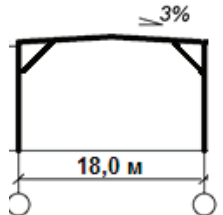
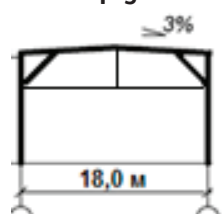
№	Здание-представитель Р-2 	Параметры колонны и ригеля	
		Тип сечения/ марка стали	Обоснование
1.	Высота колонны Н от 6,0 до 12,0 м.	Тип сечения двутавра — Б. Марка стали — С345, С390	Наименее металлоемкое сечение. Рекомендуется использовать марку стали С390, что уменьшит стоимость колонны до 10% в зависимости от высоты
2.	Пролет ригеля L от 12,0 до 24,0 м.	Тип сечения двутавра — Б	Для изгибаемых элементов наиболее эффективным является двутавр типа Б.
		Марка стали — С390	Рекомендуется использовать марку стали С390, что уменьшит стоимость ригеля до 14% в зависимости от пролёта.
3.	Пролет ригеля L от 24,0 до 36,0 м.	Тип сечения двутавра — Б	Для изгибаемых элементов наиболее эффективным является двутавр типа Б.
		Марка стали — С345	Рекомендуется использовать марку стали С345, что уменьшит стоимость до 20% в зависимости от пролета.

Таблица 4. Выводы и рекомендуемые параметры колонн и ригелей рамы типа Р-3 для II ветрового и III снегового районов.
Конструкторы сечений

№	Здание-представитель Р-3 	Параметры колонны и ригеля	
		Тип сечения/ марка стали	Обоснование
1.	Высота колонны Н от 6,0 до 8,4 м.	Тип сечения двутавра — Б. Марка стали — С345	Рекомендуется использовать марку стали С345.
		Тип сечения двутавра — Ш. Марка стали — С345, С390	Приведенная стоимость колонны из двутавра типа Ш марки стали С390 отличается от типа Б на 16–29% в зависимости от высоты.
2.	Высота колонны Н от 8,4 до 12,0 м.	Тип сечения двутавра — Б	Наименее металлоемкое сечение.
		Марка стали — С255, С345, С390	Разница приведенной стоимости в зависимости от марки стали не более 5% в зависимости от высоты.
3.	Пролет ригеля L от 12,0 до 18,0 м.	Тип сечения двутавра — Б	Для изгибаемых элементов наиболее эффективным является двутавр типа Б.
		Марка стали — С390	Рекомендуется использовать марку стали С390, что уменьшит стоимость ригеля до 10% в зависимости от пролёта.
4.	Пролет ригеля L от 18,0 до 36,0 м.	Тип сечения двутавра — Б	Для изгибаемых элементов наиболее эффективным является двутавр типа Б.
		Марка стали — С255	Рекомендуется использовать марку стали С255, что уменьшит стоимость до 20% в зависимости от пролета.

Выводы:

1) Конструктивно поперечная рама Р-2 отличается от рамы Р-1 наличием дополнительных жестких опор в виде металлических подкосов из неравнополочных уголков. Устройство таких подкосов используется как метод усиления конструкции. Введение подкосов, изменяет характер напряжений в ригеле и стойках рамной конструкции, позволяет эффективно уменьшить изгибающий момент. Увеличивает запас прочности на 15–20%, при этом незначительно увеличивается расход стали. Рациональный угол наклона подкоса 45°. Сечение подкосов определяется по наибольшему продольному усилию N [кН] в подкосе (сжатие) по ГОСТ 8510–86 [6].

2) Конструктивно поперечная рама Р-3 отличается от рам Р-2 и Р-1 устройством затяжки для восприятия распора. В рамных конструкциях затяжка располагается на уровне узла сопряжения ригеля, стоек и подкосов, позволяет значительно уменьшить изгибающие моменты в ригеле от вертикальных нагрузок. Сечение затяжки определяется по наибольшему продольному усилию N [кН] в затяжке (растяжение);

3) Опирающие ригелей всех типов на колонны — шарнирное. Расчетная схема ригеля — шарнирно-опертая балка (влияние уклона не учитывается);

4) Принятые сечения крайних колонн и ригелей можно применять для многопролетных поперечных рам типа Р-1

Р-2, Р-3, так как расход стали на колонну и ригель при шарнирном сопряжении не будет зависеть от количества пролетов;

5) Ветровые, крановые и сейсмические нагрузки на данном этапе исследования не рассматриваются;

6) Фактический пролет конструкции L_{ef} всегда на 800 мм меньше номинального пролета L ;

7) Необходимо обеспечивать раскрепление колонн. Из условия обеспечения устойчивости и гибкости из плоскости действия момента требуется применять распорки так, чтобы расчетная длина колонны $L_{ef} = L/2$;

8) Раскрепление ригелей из плоскости обеспечивается прогонами покрытия;

9) Применение двутавров типа К (колонны) нецелесообразно, так как они наиболее металлоемки;

10) Применение марки стали С440 дорого и нецелесообразно, поскольку является новым продуктом;

11) Деформативность конструкций ограничивается эстетико-психологическими требованиями по табл. Д.1 СП 20.13330.2018 «Нагрузки и воздействия» [4]. Поэтому предусмотрен строительный подъем для унификации, назначается по максимальному значению для каждого пролета равный деформации от постоянной нагрузки, представленный в таблице 5.

Таблица 5. Строительный подъем

Пролет L , см	Пролет фактический L_{ef} , см	Строительный подъем $f_{стр}$, см	$f_{стр}/L_{ef}$
1200	1120	3.50	1/320
1500	1420	4.00	1/355
1800	1720	4.50	1/382
2400	2320	6.00	1/387
3000	2920	6.50	1/450
3600	3520	7.50	1/470

Литература:

1. Металлические конструкции. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика) / Под общ. ред. В. В. Кузнецова 1998 г.— 498 с.
2. ГОСТ Р 57837–2017. Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Технические условия (с Поправкой).— Москва: Стандартинформ, 2017.— 47 с.
3. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23–01–99* (с Изменениями N1, 2).— Москва, 2012.— 113 с.
4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85* (с Изменениями N1, 2).— Москва: Стандартинформ, 2018.— 125 с.
5. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II–23–81* (с Поправкой, с Изменением N1).— Москва, 2017.— 140 с.
6. ГОСТ 8510–86. Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент (с Изменением N1).— Москва: Стандартинформ, 2012.— 4 с.

Разработка, анализ и оптимизация узловых соединений металлического каркаса одноэтажного однопролетного здания

Пермякова Анна Юрьевна, студент магистратуры;
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье проводится анализ сходимости результатов ручного расчета с автоматическим в IDEA StatiCa Connection узловых соединений металлической поперечной рамы.

Ключевые слова: металлическая поперечная рама, конструктивное решение, узел, IDEA StatiCa.

В промышленном и гражданском строительстве в настоящее время по-прежнему отдают большое предпочтение стальным рамным и рамно-связевым каркасам. Соединение базовых несущих элементов в конструкции, а конструкций — в конструктивные системы происходит в узлах. Через узловые соединения происходит передача нагрузки от одного элемента к другому, поэтому узлы являются чрезвычайно ответственной частью конструктивной системы.

При выборе конструктивного решения соединений (стыков и узлов) легких элементов необходимо учитывать такие факторы, как, например, действие сил в соединяемых сечениях, сечения с наименьшей прочностью в соединениях, концентрация напряжений, деформируемость частей стыка и др. [1].

В принятом конструктивном решении металлической рамы, представленной на рис. 1, рассматривались узловые соединения двух типов: сварные и болтовые. По характеру их работы при передаче нагрузки: жесткие и шарнирные.

Полученное по расчету конструктивное решение несущего металлического каркаса, рама которого состоит из малоуклонного ригеля с подкосами и затяжкой, замоделировано в программе Tekla Structures в виде трехмерной модели. По разработанному каркасу с детализировкой пользовательских компонентов (узлов) можно получить как чертежи общего вида, так и отдельных деталей. Компоненты в Tekla в разы ускоряют работу с узлами любой сложности, к тому же отпадает необходимость регулярной корректировки соединений ввиду из-

менения параметрических исходных данных, таких как сечения деталей или привязки друг к другу.

В конструкции рамы несущего металлического каркаса рассчитывались и моделировались следующие основные узлы в соответствии с нормами СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» [2]:

- опорный жесткий узел базы колонны;
- шарнирный и жесткий рамный узел сопряжения ригеля с колонной;
- жесткий узел стыковки стальных балок в коньке рамы;
- верхний узел крепления подкоса к балке покрытия рамного каркаса;
- нижний узел крепления подкоса к колонне рамы;
- узел соединения затяжки рамы каркаса.

Функция взаимодействия Tekla Structures с программным обеспечением IDEA StatiCa позволяет одновременно работать над одной моделью. Замоделированные узлы соединений стальных конструкций в программном обеспечении Tekla были импортированы в IDEA StatiCa. В IDEA StatiCa Connection можно, как запроектировать, так видоизменить металлические соединения и выполнить расчет узла компонентным методом конечных элементов [3]. При расчёте узлов анализируются все заданные усилия, а также учитывается взаимодействие между всеми замоделированными элементами и их соединениями.

В IDEA StatiCa при расчете рассматривалась общая проверка, анализ напряжений и деформаций, анализ жесткости,

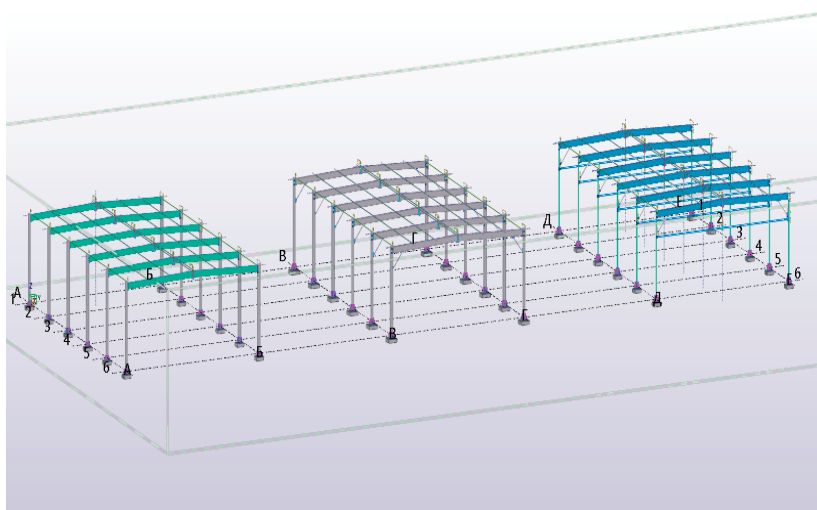


Рис. 1. Конструктивное решение несущего металлического каркаса (Tekla Structures)

анализ потери устойчивости, сопротивление соединения конструкций.

По законструированным расчётным моделям узлов в IDEA StatiCa были получены результаты общей проверки — коэффициенты использования болтов, сварных швов и пластин (в зависимости от конструкции узла), а также графические выводы результатов, в виде сетки КЭ, деформированной схемы, формы потери устойчивости для текущего значения критической нагрузки изополей напряжений, эпюры и т.д.

IDEA StatiCa — это не запрограммированные алгоритмы расчета из СП, а это новый метод расчета узлов. По полученным результатам с помощью IDEA StatiCa можно наблюдать и анализировать прочность всего соединения.

По результатам ручного расчета, методика которых представлена в СП 16.13330.2017 [2] были замоделированы узловые сварные и болтовые соединения, и проведено сравнение с результатами, полученными автоматическим расчетом в программной среде с использованием компонентов метода конечных элементов (МКЭ), можно сделать вывод, что полученные значения близки к ручному расчету. Расхождения результатов составляют до 10%, причиной этого являются различные математические реализации принципов расчета, использование разных коэффициентов в методиках расчета, принятые допущения при ручном расчете по СП или не полноценный учет конструктивных особенностей соединения.

С помощью IDEA StatiCa в раме несущего металлического каркаса получалось оптимизировать конструкцию узлов, что позволило избежать перерасхода материала.

К примеру, в опорном жестком узле базы колонны, кроме условия прочности выполнено усиление двутавровой колонны для удовлетворения условиям общей и местной устойчивости установкой поперечных диафрагм жесткости.

С помощью IDEA StatiCa получилось оптимизировать и упростить болтовые соединения — уменьшить количество болтов 1/3 в нейтральных зонах (в основном расположенные с левого и правого краёв) не включающихся в работу — их коэффициенты использования едва составляли пару процентов.

Это объясняется тем, что при расчете по СП есть такие допущения:

- усилие воспринимается болтами равномерно;
- растяжение болтов от силы, перпендикулярной их оси, не учитывается, т.е. жесткость пластин не учитывается;
- элементы, соединяемые болтами, считаются недеформированными (изгибная жесткость пластин не влияет на распределение усилий в болтах).

Однако как выяснилось, IDEA StatiCa при расчете болтовых соединений на восприятие растягивающей продольной силы учитывает так называемый «рычажный эффект», т.е. в некоторых болтах учитываются дополнительные усилия, вызванные отпором фланца. И при растяжении в болтах появляется небольшой срез. Поэтому и разные коэффициенты несущей способности. Следовательно, IDEA StatiCa учитывает влияние изгибной жесткости пластин на усилия в болтах.

Для того чтобы получить более жесткую схему и по расчетам близкую к СП, необходимо включить в работу ребра жесткости.

Результат по жесткому узлу стыковки стальных балок в коньке, показал, что необходимо для обеспечения прочности или жесткости узлового соединения без существенного увеличения массы изменить конструктивное решение — также включить в работу ребра жесткости. Они обеспечивают сохранение изначальной геометрии соединения, при этом общая масса изделия возрастает незначительно, повышает надёжность и несущую способность. Ребра жесткости укрепляют стенки балок в местах приложения сосредоточенных нагрузок, обеспечивая их местную устойчивость.

В IDEA StatiCa модель сварного шва отображает реальную эпюру напряжений, т.к. каждый сварной шов разбивается на КЭ и в результате в нем находится напряжение. По СП эпюра напряжений в сварном шве прямоугольная, а по IDEA StatiCa параболическая с пиками по краям (текущее).

Сравнение и анализ результатов решения ручного расчета с автоматическим в IDEA StatiCa Connection показывает, насколько важно при решении задач для получения более достоверных результатов, а также для увеличения несущей способности узлов соединения конструкций, использовать современные программные комплексы, исследуя возможность оптимизации их конструктивного решения.

Литература:

1. Металлические конструкции. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика) / Под общ. ред. В.В. Кузнецова 1998 г. — 498 с.
2. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Поправкой, с Изменением N1). — Москва, 2017. — 140 с.
3. IDEA StatiCa Connection: [Электронный ресурс] — Москва, ООО «НИП-ИНФОРМАТИКА»1991–2020. URL: <https://steel-concrete.ru/products/idea/idea-statica-connection/> (Дата обращения: 25.04.2020).

Молодой ученый

Международный научный журнал
№ 18 (308) / 2020

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга
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 13.05.2020. Дата выхода в свет: 20.05.2020.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.