



VI НАЦИОНАЛЬНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ

# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

СЕКЦИЯ 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

ПЕНЗЕНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
АРХИТЕКТУРЫ И  
СТРОИТЕЛЬСТВА

30-31 МАРТА 2023 Г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА»**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ  
И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ  
НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА**

**Сборник докладов VI Национальной научно-практической конференции  
30-31 марта 2023 г.**

**Секция 5 – Технические науки**

Пенза 2023

УДК 338  
ББК 65.2/4  
А43

**Оргкомитет:**

*Сафьянов А.Н.* – проректор по научной работе, к.э.н., доцент (председатель);

*Белякова Е.А.* – и.о. начальника научно-методического центра, к.т.н., доцент  
(зам. председателя);

*Артюшин Д.В.* – директор инженерно-строительного института, к.т.н., доцент;

*Ещина Е.В.* – декан архитектурного факультета, к. архитектуры, доцент;

*Тарасов Р.В.* – декан технологического факультета, к.т.н., доцент;

*Тараканов О.В.* – декан факультета управления территориями, д.т.н., профессор;

*Черницов А.Е.* – директора института экономики и менеджмента, к.э.н., доцент;

*Кочергин А.С.* – директор института инженерной экологии, к.т.н., доцент;

*Родионов Ю.В.* – директор автомобильно-дорожного института, д.т.н.,  
профессор.

**Актуальные** проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства: сб. докладов VI Национальной научно-практической конференции. Секция 5 – Технические науки. Пенза/ [ред. кол.: А.Н. Сафьянов и др.]: А43 ПГУАС, 2023. – 139 с.  
**ISBN 978–5–9282–1735–8**

**Статьи печатаются в авторской редакции.**

В сборнике помещены материалы VI Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства», которая проходила 30-31 марта 2023 года в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства.

Доклады, представленные в рамках секции «Технические науки», посвящены вопросам создания современных материалов и строительных конструкций; информационным технологиям; организации и технологии производства строительного-монтажных работ; транспортным и инженерным системам.

Рекомендуется научным работникам, преподавателям высших и средних учебных заведений, аспирантам, магистрантам и студентам.

**ISBN 978–5–9282–1735–8**

© Пензенский государственный  
университет архитектуры и стро-  
ительства, 2023

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Интеграция науки и практики, внедрение инновационных разработок во всех сферах деятельности, использование более совершенных и эффективных средств производства, модернизация и реконструкция оборудования, применение современных методов подготовки кадров, создание и использование новых технологий – все это увеличивает конкурентоспособность отдельных отраслей народного хозяйства и страны в целом.

Представляемый читателям сборник издается по итогам работы VI Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства» (Пенза, 30-31 марта 2023 г.).

В работе конференции приняли участие ведущие ученые, аспиранты и студенты различных вузов России. Было представлено более 80 актуальных работ.

Проведение данной конференции явилось результатом значительного интереса академического сообщества к обсуждению и внедрению разработок, решающих поставленные задачи и ведущие к увеличению инвестиционной привлекательности различных отраслей народного хозяйства, ускоряющих модернизацию и совершенствование техник и технологий при достижении национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации.

Составители материалов конференции условно разделили статьи на секции по общности затрагиваемых в них проблем.

Порядок представления статей – по тематическим платформам, рассмотренным на конференции (сборникам), а внутри них – по фамилиям авторов.

Выход в свет настоящего издания был бы невозможен без труда многих людей разных сфер деятельности. Оргкомитет присоединяется к благодарности заинтересованных читателей всем тем, кто своим трудом способствовал выходу в свет этого сборника.

*Оргкомитет VI Национальной научно-практической конференции  
«Актуальные проблемы науки и практики  
в различных отраслях народного хозяйства»*

УДК 621.574-713.1

## ИННОВАЦИИ ПРИ ОБОРОТНОМ ВОДОСНАБЖЕНИИ КОНДЕНСАТОРОВ ПАРОКОМПРЕССИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

*Аверкин Александр Григорьевич, д-р техн. наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза*

Приведены сведения об обратном водоснабжении в центральных системах кондиционирования воздуха. Показано, что применение компактной градирни, разработанной в Пензенском ПГУАС, позволяет осуществить ресурсо- и энергосбережение при обратном водоснабжении.

*Ключевые слова: чиллер, конденсатор, обратное водоснабжение, градирня.*

Для обеспечения оптимальных параметров внутреннего воздуха в зданиях различного назначения применяют центральные системы кондиционирования воздуха (СКВ) [1]. В теплый период года основными процессами тепловлажностной обработки воздуха являются охлаждение и осушение. Для их реализации необходим холодоноситель, в качестве которого преимущественно применяют воду с  $t = 7 - 8$  °С. Ее получают при помощи чиллеров – водоохлаждающих холодильных машин парокompрессионного типа.

Принципиальная схема парокompрессионной холодильной машины представлена на рисунке 1.

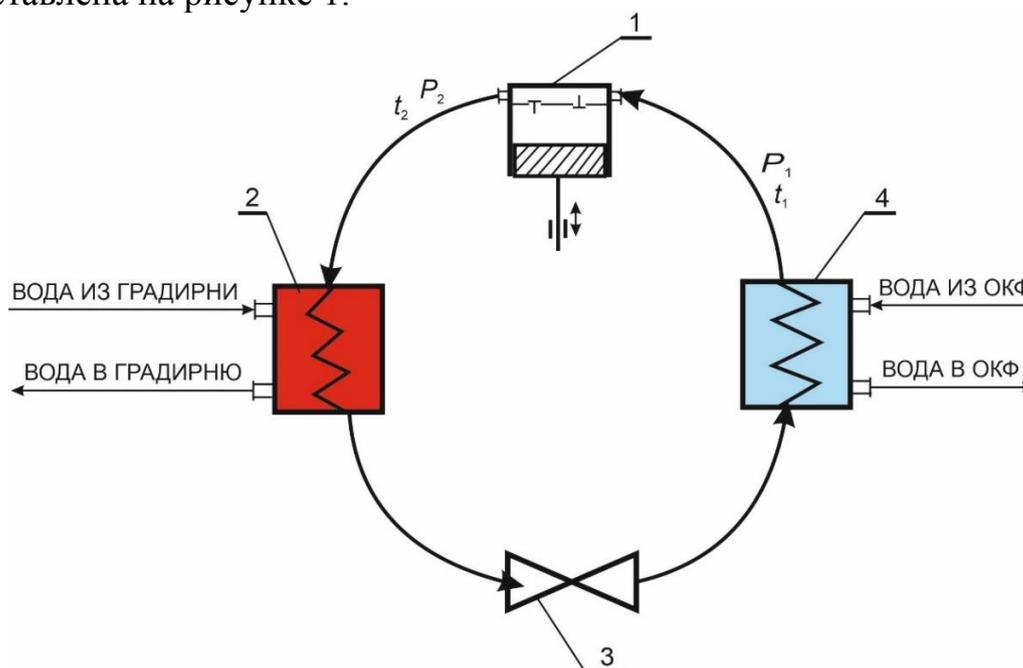


Рисунок 1. Схема парокompрессионной холодильной машины: 1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – терморегулирующий вентиль; 4 – испаритель

Холодильный цикл осуществляется следующим образом. Поршень компрессора 1 сжимает парообразный холодильный агент и с высокими давлением  $P_2$  и температурой  $t_2$  подает его в конденсатор 2, представляющий собой теплообменный аппарат, через стенки трубок которого отводится теплота от холодильного агента к охлаждающей среде (вода, воздух). Количество отводимой теплоты должно соответствовать условиям превращения парообразного холодильного агента в жидкое состояние. Жидкий холодильный агент при давлении конденсации  $P_k$  поступает к дроссельному устройству 3 (терморегулирующий вентиль), где его давление резко снижается до давления испарения  $P_i$ . С этим давлением холодильный агент поступает в испаритель 4 (теплообменник непосредственного испарения холодильного агента), через стенки трубок которого должна подводиться теплота от охлаждаемой среды, обеспечивающей превращение холодильного агента в парообразное состояние. В качестве охлаждаемой среды применяют воду из оросительной форсуночной камеры – ОКФ (или камеры сотового увлажнения). Вода в данных камерах используется в качестве рабочей среды для охлаждения и осушения воздуха. Это может быть реализовано при непосредственном контакте воздушного потока с водой, температура которой должна быть ниже температуры воздуха по точке росы.

Из испарителя парообразный холодильный агент по трубопроводу поступает к всасывающему клапану компрессора 1, где происходит сжатие паров до давления конденсации  $p_k$ . Таким образом, в результате рециркуляции холодильного агента по замкнутому контуру и изменения его агрегатного состояния в испарителе происходит отбор теплоты от охлаждаемой среды при пониженной температуре и давлении, и выдача ее в конденсаторе охлаждающей среде – воде. Для повторного использования нагретой воды из конденсатора разработаны схемы обратного водоснабжения [1, 2], одна из них приведена на рисунке 2.

Оценка энергетической эффективности получения холода производится по безразмерному показателю – коэффициенту использования энергии КИЭ, вычисляемому по уравнению

$$\text{КИЭ} = \frac{Q_x}{N_k + N_n + N_v}, \quad (1)$$

где  $Q_x$  – выработанный холод, Вт;

$N_k$  – затраченная энергия на привод компрессора, Вт;

$N_n$  – потребляемая энергия на привод насоса, Вт;

$N_{вент}$  – потребляемая энергия на привод вентилятора (при воздушном охлаждении конденсатора), Вт.

На рисунке 2 приведена компоновка узлов центрального кондиционера (1 – оросительная форсуночная камера; 2 – воздухонагреватели; 3 – фильтр воздушный; 4 – воздушная смесительная камера;) 5 – приточный вентилятор; 6 – кондиционируемое помещение; 7 – вытяжной вентилятор); 8 – бак холодной воды; 9 – бак отепленной воды; 10, 11, 18 – насос для воды;

12 – испаритель; 13 – компрессор; 14 – конденсатор; 15 – ТРВ; 16 – вентиляторная градирня испарительного типа; 17 – бак воды для градирни.

В градирне 16 в результате организации противоточного движения воздушного потока снизу-вверх и нагретой воды, поступающей из конденсатора, сверху вниз, до 3% воды испаряется и с потоком воздуха удаляются в атмосферу, при этом теплота на испарение отводится от воды и, частично, от воздуха, вследствие чего происходит их охлаждение. Согласно техническим характеристикам выпускаемых градирен наименьшая температура охлажденной воды из градирни выше температуры мокрого термометра на 2...6°C. На кафедре «Теплогазоснабжение и вентиляция» Пензенского ГУАС разработана, изготовлена и запатентована компактная градирня [2], в которой вода охлаждается ниже температуры мокрого термометра на 2...4°C, что способствует ресурсо- и энергосбережению при организации оборотного водоснабжения. Принцип действия предлагаемой градирни основан на применении двухступенчатого косвенного и прямого охлаждения воздуха. В градирне наружный воздух предварительно подвергается косвенному охлаждению потоком удаляемого воздуха в воздушно-воздушном теплообменнике и только потом осуществляется прямое испарительное охлаждение воды в воздушном потоке.

Эффект ресурсо- и энергосбережения может быть показан из следующего расчета. Расход оборотной воды –  $L$ , м<sup>3</sup>/с, соответственно, производительность центробежного насоса для подачи воды в конденсатор холодильной машины равен

$$L = \frac{Q_k}{c_w \Delta t}, \quad (2)$$

где  $Q_k$  – тепловая нагрузка на конденсатор, Вт;

$c_w$  – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг °С);

$\Delta t$  – температурный интервал, °С (разность температуры воды на входе, выходе из конденсатора, °С, она больше при применении разработанной градирни, следовательно, для данной градирни расход оборотной воды будет снижен. Это уменьшит затраченную энергию электродвигателем центробежного насоса –  $N_{затр}$ ).

$$N_{затр} = \frac{\rho g H L}{\eta}, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$H$  – напор насоса, м;

$\eta$  – коэффициент полезного действия насоса.

Эффект энергосбережения также показан в [1]: снижение температуры воды, подаваемой на конденсаторы компрессионных холодильных станций, на 1°C уменьшает на 2–4 % расход электроэнергии на привод компрессора.

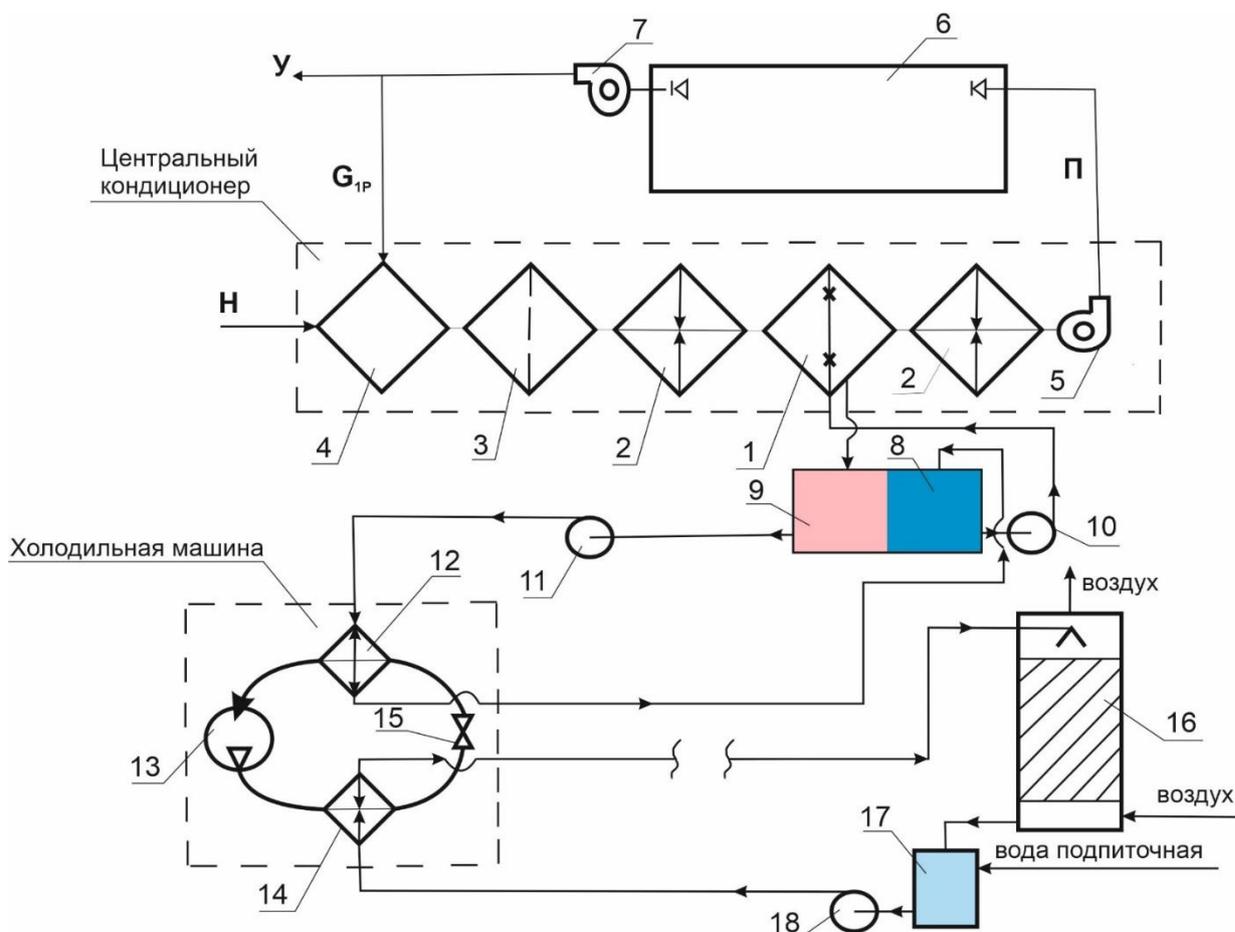


Рисунок 2. Принципиальная схема оборотного водоснабжения системы центрального кондиционирования

Таким образом, схема оборотного водоснабжения с применением компактной градирни рекомендуется к внедрению в центральных системах кондиционирования воздуха.

### Список литературы

1. Аверкин, А.Г. Совершенствование устройств тепловлажностной обработки воздуха и методов расчета климатехники: монография. / А.Г.Аверкин, А.И. Еремкин. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 204 с.
2. Устройство для охлаждения воды. Патент РФ 2274813 / Аверкин А.Г., Еремкин А.И., Миронов К.В., Родионов О.В.
3. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – М.: Химия, 1987. – 575 с.

УДК 624.011.1

## **КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВКЛЕЕННЫХ ШАЙБ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Арискин Максим Васильевич, доцент кафедры «Строительные конструкции»*

*Мартышкин Даниил Олегович, аспирант кафедры механики*

*Ванин Илья Владимирович, аспирант кафедры строительных конструкций*

*Залилов Илья Вадимович, аспирант кафедры строительных конструкций*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза*

---

Рассмотрены соединения деревянных конструкций с применением различных механических связей. Соединения деревянных конструкций на клеенных металлических связях обладают высокой несущей способностью, но сложны в изготовлении и подвержены коррозии. Предложены коррозионностойкие соединения с применением клеенных шайб из композитных материалов. Представлена технология изготовления соединений на клеенных шайбах. На основе результатов испытаний образцов установлена высокая несущая способность шайб. Представлены несущие деревянные конструкции с узлами на клеенных шайбах. Определены области применения деревянных конструкций с клееными шайбами из композитных материалов.

*Ключевые слова: деревянные конструкции, соединение, шайба, несущая способность, ремонтпригодность, сборно-разборность, коррозионная стойкость, композитные материалы, стеклотекстолит, пластик.*

В современном строительстве соединения деревянных конструкций чаще всего выполняются с применением механических связей, которые вставляются, ввинчиваются, впрессовываются или клеиваются в деревянные элементы, обеспечивая передачу усилий от одного элемента другому. Чаще всего такие вкладыши выполняются металлическими: нагели, стержни, пластины, шпонки, шайбы, металлозубчатые пластины и другие.

Растянутый стык на клеенных стержнях по «системе ЦНИИСК» разработанный в НИЦ «Строительство» под авторством С.Б. Турковского и А.А. Погорельцева на клеенных арматурных стержнях стал основополагающим решением жестких стыков деревянных конструкций в современном деревянном строительстве [1].

Соединения на клеенных металлических стержнях, обладают высокой несущей способностью, но вместе с тем основными недостатками являются неразъемность и неремонтпригодность, и коррозионная стойкость стальных элементов.

В соединениях на клеенных стержнях можно применять композитные материалы, такие как стеклопластиковая арматура, углепластиковые

нагели [2], однако, как указано выше, данные соединения не являются сборно-разборными и неремонтопригодны.

Соединения на клеенных стальных шайбах [3] просты в изготовлении, ремонтпригодны, обладают высокой несущей способностью, могут использоваться в сборно-разборных деревянных конструкциях, но вместе с тем они также подвержены коррозии в процессе эксплуатации. Это вызывает необходимость проведения дополнительных работ по защите металлических элементов от коррозии, как в процессе эксплуатации, так и при изготовлении соединений. Для обеспечения коррозионной стойкости соединений в качестве материала шайб необходимо использовать композитные материалы: пластики, стеклопластики, углепластики, стеклотекстолиты. Далее рассмотрим соединения деревянных конструкций на клеенных шайбах из стеклотекстолита КАСТ-В, пластиков REC formax и REC friction.

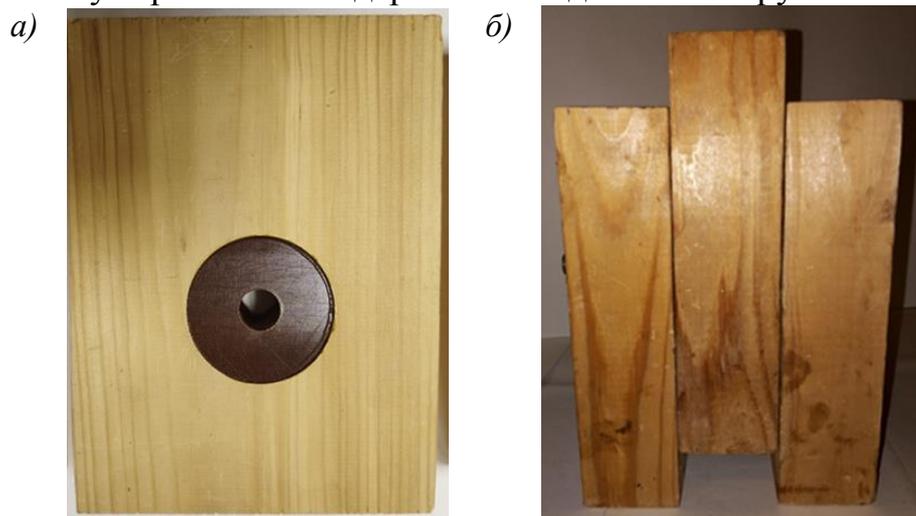
На основе достоинств соединений на клеенных стальных шайбах [3] предлагаются коррозионностойкие соединения деревянных конструкций с применением клеенных шайб из композитных материалов. В основу соединений положена идея передачи сосредоточенного усилия, действующего на механические вкладыши на достаточно большую площадь по сравнению с размером самой связи. При этом клеенные шайбы выполняются из коррозионностойких материалов. В качестве материала шайб принят стеклотекстолит КАСТ-В, пластики REC formax (АБС-пластик с содержанием углеродных волокон (15%)) и REC friction (полиамид 12 с добавлением стекловолокон (12%)).

Представленные выше соединения изготавливаются по аналогии с соединениями на клеенных стальных шайбах [3]. В деревянном элементе выполняется сквозное отверстие под центровой болт, выбираются гнезда под шайбы требуемого диаметра и толщины. Для клеивания шайб используется коррозионностойкая смола ЭД-20. Шайбы клеиваются заподлицо с древесиной. Клеевая композиция, заполняющая гнездо, после отверждения создает монолитное соединение с шайбой и кроме того способствует уплотнению поверхности древесины по периметру с шайбой (рисунок 1, а). Шайба в этом случае начинает работать не только на скалывание клеевого шва по поверхности, но и на смятие древесины по контуру шайбы. Все это как показывают испытания существенно увеличивает несущую способность и жесткость такого соединения. После чего деревянные элементы с клееными шайбами стягиваются центровым болтом (рисунок 1, б).

Для исследования представленных соединений были проведены натурные испытания образцов на клеенных шайбах из стеклотекстолита КАСТ-В [4] и пластиков REC formax и REC friction.

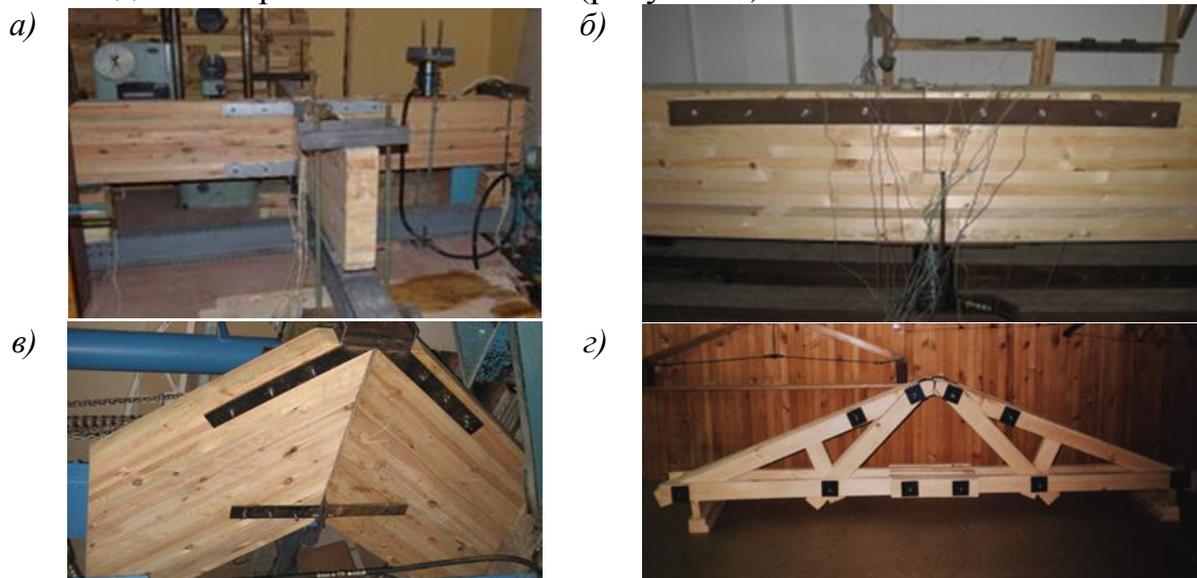
Результаты испытаний образцов на клеенных шайбах из стеклотекстолита КАСТ-В и пластиков REC formax и REC friction показали высокую несущую способность, сопоставимую с аналогом на клеенных стальных

шайбах [3], что говорит о перспективности дальнейшего изучения и внедрения в практику строительства деревянных зданий и сооружений.



*Рисунок 1. Общий вид соединения: а) деревянный элемент с вклеенными шайбами; б) соединение из трех деревянных элементов*

Простота изготовления, высокая несущая способность, сборно-разборность позволяет использовать соединения на вклеенных шайбах в несущих деревянных конструкциях таких как фермы, балки, арки, рамы, стыковые соединения растяжения/сжатия (рисунок 2).



*Рисунок 2. Соединения деревянных конструкций на вклеенных шайбах: а) жесткий узел балочной структуры; б) стыковое соединения балок; в) коньковый узел рамы; г) двухскатная ферма*

Коррозионная стойкость и аутентичность соединений дает возможность применения деревянных конструкций с узлами на вклеенных шайбах из стеклотекстолита и пластика как в объектах с нормальными условиями эксплуатации, так и с агрессивной средой (объекты химической промыш-

ленности, животноводства, сельского хозяйства, а также при реконструкции и реставрации зданий, сооружений, объектов деревянного зодчества и культурного наследия (рисунок 3).



Рисунок 3. Применение деревянных конструкций с узловыми соединениями на клеенных шайбах в объектах животноводства, при реконструкции и реставрации

Таким образом, соединения на клеенных шайбах из композитных материалов просты в изготовлении, обладают высокой несущей способностью и коррозионной стойкостью, что позволяет, использовать их в различных деревянных конструкциях, эксплуатируемых в объектах с нормальной и агрессивной средой, а также при реконструкции и реставрации.

#### Список литературы

1. Турковский С.Б. Клееные деревянные конструкции с узлами на клеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК) / С.Б. Турковский, А.А. Погорельцев, И.П. Преображенская. – М.: РИФ «Стройматериалы», 2013. – 308 с.
2. Кашеварова Г.Г. Композитные решения стыков клееных деревянных конструкций / Г.Г. Кашеварова, М.А. Водяников // Сборник: Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2017 году. Сборник научных трудов Российской академии архитектуры и строительных наук. Москва, 2018. – С. 247-253.
3. Вдовин, В.М. Клеенные металлические шайбы в соединениях деревянных конструкций: монография / В.М. Вдовин, М.В. Арискин, Д.Д. Дудорова. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 184 с.
4. Вдовин, В.М. Коррозионностойкое немагнитное соединение элементов деревянных конструкций / В.М. Вдовин, Д.О. Мартышкин // Региональная архитектура и строительство. – 2019. – №4(41). – С. 103-108.

УДК 691.3

## **ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ САМОЗАЛЕЧИВАЮЩИХСЯ БЕТОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Белевцев Владислав Олегович*

*Тульский Государственный университет, Тула*

---

Данные различных исследований показывают, что самовосстановление бетона может быть достигнуто путем введения в бетонную матрицу бактерий. Имобилизованные в бетонной матрице бактериальные споры, находящиеся в состоянии покоя, но жизнеспособные, становятся стабильно активными, как только через вновь образованные трещины проникает влага. Затем эти трещины затянутся вследствие осаждения кальцита, образованного в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Несмотря на то, что ряд исследователей проводили эксперименты с различными видами бактерий, еще предстоит точно идентифицировать идеальное сочетание таких факторов, как виды бактерий, типы минерального субстрата и т.д.

В представленной работе рассматривается исследование по усовершенствованию технологии самозалечивающегося бетона.

*Ключевые слова:* самовосстанавливающийся, бетон, развитие, перспективы, особенности, исследование, высокопрочный, добавки, долговечность, технология.

В качестве способов, повышающих прочностные свойства бетона, рассматриваются рецептурные добавки и технологические приемы. В качестве технологических приемов рассматриваются высокоэффективные способы изготовления бетонов за счет внедрения эффективных методов уплотнения и применения пластификаторов в создание которых большой вклад внесли И.М. Грушко, Б.В. Гусев, В.И. Соломатов.

Основой для создания бетонов нового поколения служит соединение суперпластификаторов 3 поколения и новой рецептурой сухих компонентов. Таким образом составляющие усиливают друг друга и современные бетоны приобретают новые характеристики, которые удовлетворяют высоким требованиям прочности на сжатие и растяжение. К ним относятся:

Высокопрочные бетоны, ультравысокопрочные бетоны, самоуплотняющиеся бетоны, высококоррозионностойкие бетоны, реакционно-порошковые бетоны, дисперсно-армированные бетоны

В исследования по разработке высокопрочных бетонов с помощью различных методов активации составляющих компонентов, введения порошковой и тонкодисперсной фазы внесли большой вклад такие ученые как В.И. Калашников, С.С. Каприелов, В.И. Соломатов.

В исследования по разработке долговечности бетонов и способов ее повышения с помощью воздействия статических и динамических нагрузок, а также различных агрессивных факторов посвящены работы: В.М. Бондаренко, И.Г. Овчинникова, Е.А. Гузеева. В исследования по разработке вы-

сокопрочных бетонов с помощью технологии модифицированных микроскопических организмов и самовосстанавливающихся железобетонных конструкций с трещинами посвящены работы: В.И. Соломатова, В.Д. Черкасова, В.В. Ревина.

В работах авторов было высказано предположение, что иммобилизованные в бетонной матрице бактериальные споры, находящиеся в состоянии покоя, но жизнеспособные, становятся метаболически активными, как только через вновь образованные трещины проникает влага. Затем эти трещины затянутся вследствие нахождения кальцита (минерал из класса природных карбонатов, одна из природных форм карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ )), образованного в результате жизнедеятельности микроорганизмов.

Данные исследования посвящены изучению 3 вида бактерий бактерий (для формирования бетонов использовали: бактерии вида *Sporosarcina ureae* (DSM 2281), *Sporosarcina pasteurii* (DSM 33) и подвид *Bacillus subtilis* – *Spizizenii* (DSM 15029); носители бактерий (перлитовый песок и пемза компании «Garibaldi Pumice Ltd», г. Бернаби, Британская Колумбия, Канада, с размерами частиц, соответственно, 0,42–1,4 мм и 0,1–0,3 мм. В качестве минеральной питательной среды применяли лактат кальция компании «Sigma Aldrich Canada Ltd.» (г. Оквилл, Онтарио), а мочевины и дрожжевой экстракт приобрели в компании «Bio basic Canada Inc.» (г. Маркхем, Онтарио)).

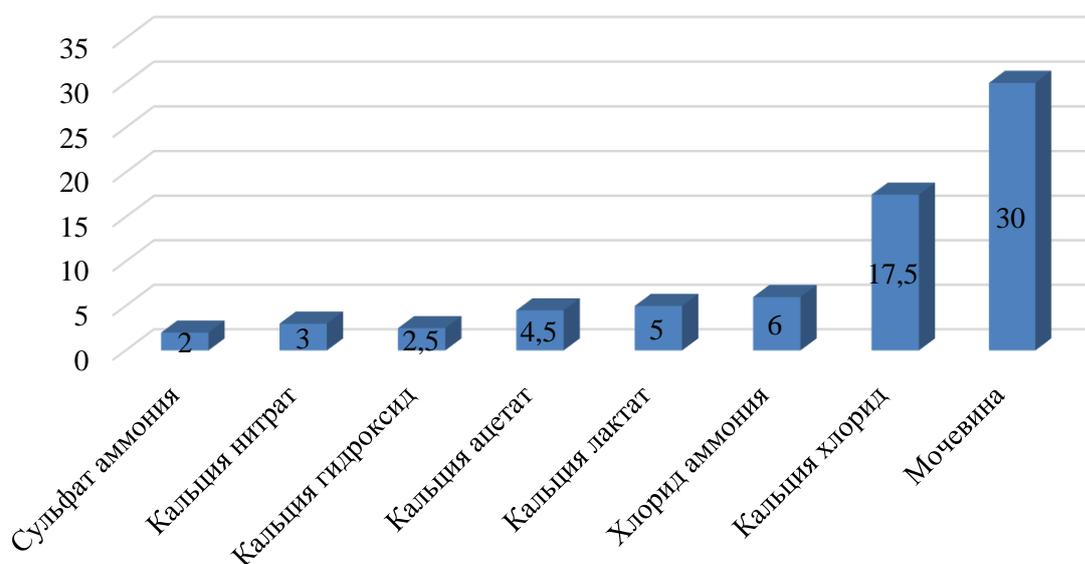
На основе результатов исследований, представленных выше определены пути совершенствования самозалечивающихся бетонных технологий:

- 1) установить критерии для активации процесса самовосстановления – систематизировать данные процесса самовосстановления;
- 2) усовершенствование смеси;
- 3) новые способы использования материала – способы обработки материала.

Из анализа литературных данных следует, что для реализации самовосстановления необходимо выполнить пять общих критериев:

- наличие воды;
- наличие и достаточные концентрации химических веществ, преимущественно карбонат- и бикарбонат- ионов, и растворенных свободных ионов кальция;
- трещина должна находиться в стабильном состоянии; ширина трещины, от которой зависит ход самовосстановления, должна быть менее 150 мкм, предпочтительно, менее 50 мкм;
- давление воды не должно быть слишком высоким и для трещины определенной ширины это условие зависит от соотношения напора воды и толщины структуры;
- стабильно распространяющаяся трещина: чтобы гарантировать, что трещина не появится снова, при этом ширина трещины должна быть постоянной, несколько изменяясь со временем.

Эффективность управления структурными изменениями в цементной системе обусловлена уплотнением матрицы за счет уменьшения порового пространства путем добавления не только инокулята (культуры бактериальных клеток) или лиофилизата (бактериальных клеток в виде сухого порошка). Для формирования оптимальных условий кристаллообразования используют ряд прекурсоров (единичный компонент смеси, бинарное или много компонентное сочетание), проранжированных в порядке повышения частоты их использования (рисунок 4): сульфат аммония кальция нитрат / кальция гидроксид кальция ацетат / кальция лактат хлорид аммония кальция хлорид мочевины.



*Рисунок 1. Ранжирование прекурсоров по частоте использования*

При добавлении прекурсоров декларируемый прирост прочности на 28-е сут колеблется от 2% до 40%. Более длительный период испытаний (до 150 дней) демонстрирует увеличение прочности на сжатие на 26%. Повышение прочностных показателей объясняется фиксируемым снижением пористости – до 50%, следствием чего является и уменьшение коэффициента водопоглощения – до 57%.

Изменение бетонных изделий можно проводить не только изменением состава бетона, посредством внедрения в состав микроорганизмов, но и в следующих вариантах (рисунок 5):

1. Поверхностная обработка материалов: а) распыление раствора с бактериальным инокулятом и прекурсорами; б) нанесение раствора с бактериальным инокулятом и прекурсорами сплошным покрытием.

2. Погружение изделия в раствор бактериального инокулята и прекурсоров: а) частичное погружение изделия; б) полное погружение изделия.

3. Селективное цементирование: а) инъекционное введение бактериальных цементирующих растворов в трещины бетонных изделий; б) внедрение

рение в трещины пленок форполимера с инкорпорированными в него бактериями.



Рисунок 2. Методы локальной обработки бетонных изделий

Обработка бактериальными растворами создает покрытие с гидрофобным эффектом, т.е. происходит консервация материала и его защита от воздействия окружающей среды.

Метод погружения является более эффективным, чем метод нанесения, так как пропитка формирует более плотный слой минерализующей мембраны, что улучшает кислотостойкость, морозостойкость, устойчивость к свету и старению композиционного материала. Поверхностная обработка строительных материалов растворами, содержащими бактериальный инокулят и иницирующими карбонатную минерализацию, также является эффективной. Это повышает долговечность строительных материалов, изделий и памятников архитектуры. Данный тип технологии уже применяется при реставрационных работах в промышленных масштабах.

Микробная карбонатная цементация грунтов осуществляется путем стимулирования естественных биохимических процессов. Данный метод обработки подразумевает введение прекурсоров и бактериальных агентов в место, где требуется литификация грунтов.

Чаще всего уплотнение песчаных грунтов осуществляется с применением бактериальной культуры *Sporosarcina pasteurii*. В результате образования кальциевых «мостиков» между зернами грунта уменьшается пористость образцов, их проницаемость, увеличивается жесткость.

Перколяционная обработка грунтов растворами инициации кристаллизации карбонатов приводит к образованию поверхностной корки, уменьшающей просачивание жидкости во внутренние слои.

Манипулирование биогеохимическими процессами в грунтах путем добавления прекурсоров и микроорганизмов с целью укрепления и стабилизации для повышения устойчивости склонов и насыпей автомобильных и железных дорог, минимизации эрозии почв и т. д. также находит отражение в междисциплинарных исследованиях и инженерных проектах.

Несмотря на то что технология биокрбонатного синтеза является подобием естественной цементации, по понятным причинам (длительность геологических процессов несоизмеримо больше, давление вышележащих

толщ горных пород, температура) исследователям не удается пока достичь таких же прочностных показателей, как у природных аналогов. Кроме того, процесс микробной цементации является менее управляемым, чем традиционные химические методы. Однако данная технология с точки зрения создания прототипов природоподобных строительных материалов представляется весьма перспективной.

Показано, что повышение качества и эффективности использования бетонных смесей возможно при использовании технологии самоуплотняющихся бетонов.

1. Результаты оптимизационных исследований высококачественных бетонов показали, что наибольший эффект может быть достигнут в случае применения сочетания различных наполнителей, отличающихся дисперсностью, в том числе наноразмерного уровня, обладающих аморфной и кристаллической структурой.

2. Показано, что бетонные конструкции во время эксплуатации часто подвергаются растрескиванию, что приводит к ухудшению качества и сокращению ожидаемого срока их эксплуатации. Трещины могут возникать вследствие отсутствия стабильности объема в бетоне или под воздействием внешних факторов, таких как экстремальные нагрузки, неблагоприятные условия окружающей среды, неправильный порядок производства строительных работ или ошибки конструирования.

3. Показано, что существует насущный экономический стимул для разработки бетона способного самостоятельно восстанавливаться и устранять повреждения. Самовосстанавливающиеся материалы – это особый тип материалов, регенерирующий свои прочностные свойства после незначительного разрушения, нанесенного материалу в течение срока его службы. Анализируя показатели самовосстанавливающегося бетона и обычного, можно сделать вывод, что первый более эффективен в эксплуатации и имеет перспективу внедрения при строительстве ответственных конструкций, будь то дороги или мосты. В жилом строительстве его распространению препятствует высокая цена. Однако, в дальнейшем наблюдается прогресс и в этой отрасли.

#### **Список литературы**

1. Авренюк, Андрей Восстановление бетонных и железобетонных конструкций / Андрей Авренюк. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. - 184 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003. - М.: ДЕАН, 2005. - 881 с.

УДК 676. 024

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА

*Вихарев Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры  
технологических машин и технологии машиностроения*

*Зайцев Максим Александрович, студент кафедры технологических машин  
и технологии машиностроения*

*Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург*

---

Модернизация производственных процессов является одной из главных основ технического прогресса промышленности. Статья посвящена модернизации гидравлического пресса. Рассмотрена конструкция пресса, его недостатки при эксплуатации. Предложено направление модернизации вертикального гидравлического пресса.

*Ключевые слова: пресс, плита, нагрев, модернизация.*

Вертикальный гидравлический пресс ПК12.6.36.09 с максимальным усилием 400 тонн выпускается в России и предназначен для формования изделий из реактопластов методами прямого и трансферного (литьевого) пресования, для изготовления изделий из резины, неметаллических материалов и изделий из тонколистового металла (рисунок 1).

Режимы работы пресса:

- наладочный;
- полуавтоматический.

Циклы работы:

- с выталкивателем и без выталкивателя;
- подпрессовками и без подпрессовок;
- с отключением двигателя во время выдержки и без отключения.

Станина пресса рамного типа, сваренная из стальных листов. В верхней части станины имеется отверстие для установки главного цилиндра, а в нижней – для установки выталкивателя.

Регулирование зазора между ползуном и направляющим производится винтами. Левая ниша станины предназначена для размещения трубопроводов. В правой нише установлены конечные выключатели управления ползуном и в подвешенном к ней на петлях электрошкафе размещается электроаппаратура.

Качество произведенной продукции в значительной степени определяется качеством разогрева пресс-форм. Рассмотрим более подробно устройство разогрева пресс-форм. Станция разогрева пресс-форм представляет собой десять разнесенных нагревательных элементов, образующих зоны нагрева.

Для управления нагревателями зон используются регуляторы мощности, работающие в фазовом или пакетно-импульсном режиме [1]. Управляющий сигнал для регуляторов мощности формируется микропроцессорным контроллером, расположенным на передней панели станции разогрева. Контроллер позволяет вручную регулировать мощность или температуру в зонах нагрева в процентах от максимальной величины. Контроллер предусматривает также общую регулировку температуры в зонах нагрева (одновременное изменение установок) и отключение нагрева.



*Рисунок 1. Пресс ПК12.6.36.09*

В данной системе имеют место частые отказы вследствие выхода из строя тепловых электрических нагревателей (далее тэн). Имеют место следующие недостатки системы:

- длительный разогрев, плиты разогреваются примерно 30–40 минут, что влечет за собой большие потери электроэнергии;

- невозможность обеспечить плотный контакт между нагревателем и горячей плитой приводит к плохой теплопередаче между тэном и заготовкой. Вследствие этого тэн работает при высокой температуре, что способствует образованию окалины, а следовательно, еще большему ухудшению теплопередачи, перегреву и, в конечном итоге, выходу нагревателя из строя.

Модернизация системы нагрева вызвана следующими факторами [2]:

- повышения уровня эксплуатационной надежности посредством замены физически и морально устаревшего электрооборудования системы автоматического управления;

- повышения уровня оперативного управления за счет обеспечения оператора оперативной информацией о состоянии технологического процесса;

- уменьшения зависимости результатов работы от квалификации операторов;

- повышения культуры управления производством, улучшение условий труда и информированности оперативного и производственного персонала;

- создания условий для последующего развития системы;

- повышения комфортности работы оператора и быстрой перенастройки системы.

Недостаток существующей плиты заключается в том, что температурное поле рабочих поверхностей верхней и нижней пластин обладает значительной неравномерностью, так как теплоноситель последовательно прокачивается через все ее камеры.

Поэтому для достижения требуемой равномерности температурного поля. Разность температур не должна превышать 3-5°. Необходимо через плиты пресса прокачивать большое количество теплоносителя, что приводит к значительным затратам энергии. Площадь сечения каналов, соединяющих рубашки с коллектором подвода, а камеры – с коллектором отвода теплоносителя, равна суммарной площади живых сечений отверстий, выполненных на распределительных рубашках. Кроме того, коллекторы подвода теплоносителя к рубашкам и отвода его от камер выполнены с переменными живыми сечениями так, что сечение коллектора перед каждым из каналов, равно сумме площадей живых сечений каналов обслуживаемых камер. Недостаток такой конструкции – сложность изготовления и низкая надежность.

Для исследуемого пресса решено произвести модернизацию системы нагрева для исключения частого выхода из строя тэнов пресса. Для этого необходимо применить специальную конструкцию тэнов в масляной ванне. Нагретое масло будет подаваться в нагревательную плиту специальной конструкции (рисунок 2).



Рисунок 2. Нагревательная плита

Данная система разогрева имеет минимальную массу, что позволяет уменьшить расход времени и электроэнергии на разогрев. Применение теплоизолятора с обратной стороны нагревающей плиты уменьшит потери тепла. Плита имеет небольшую толщину и равномерное распределение тепла по заготовке.

#### Список литературы

1. Ключев, А.С., Глазов, Б.В., Дубровский, А.Х., Ключев, А.А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. – М.: Энергоатомиздат, 2017.
2. Средства измерения, контроля и автоматизации технологических процессов. Вычислительная и микропроцессорная техника. – Котов, К.И., Шершевер, М.А. – М.: Металлургия, 2014.

## **ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ И КОНСТРУКЦИЙ УСТАНОВОК ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ МАСЛА**

*Вихарев Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры технологических машин и технологии машиностроения*

*Ряполов Михаил Александрович, студент кафедры технологических машин и технологии машиностроения*

*Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург*

---

В статье рассмотрены технологии и установки очистки и регенерации промышленных масел и огнестойких жидкостей, используемых в системах смазки технологических машин. Проведена классификация этих установок. Показаны их преимущества и недостатки. Помимо описания конструкций установок затронуты вопросы их положительного влияния на экологию, а также экономический эффект применения таковых.

*Ключевые слова: маслоочистка, регенерация, технологические машины, импортозамещение.*

Повсеместное использование в промышленности смазывающих жидкостей обуславливает необходимость разработки систем их очистки и регенерации. Соответствие таких показателей масла как класс промышленной чистоты, кислотное число, кинематическая вязкость при заданной температуре, содержание воды, внешний вид, плотность обеспечивает надежную работу оборудования и увеличивает его ресурс. Кроме этого, системы очистки и регенерации увеличивают срок работы самого масла и сводят к минимуму объемы подлежащие утилизации, что безусловно оказывает положительное влияние на окружающую среду. Далее рассматриваются наиболее распространенные типы конструкции установок очистки и регенерации масла.

Простейший способ очистки масла – его фильтрация. Установки, использующие только данный метод, могут иметь мобильное исполнение и состоят из патронных фильтров со сменными картриджами, шестеренчатого насоса, элементов управления и контрольно-измерительными приборами. Оборудование крепиться на стальную раму с колесами и свободно перемещается по горизонтальной поверхности. Характер загрязнения жидкости определяет тип фильтроэлементов, их материал, тонкость фильтрации, наличие блока магнитов для удержания мелкого металлического абразива. Подключение к емкости с очищаемой жидкостью осуществляется посредством гибких шлангов. Преимуществами данных установок являются их мобильность, малые габариты, простота конструкции и эксплуатации, возможность применения для дренирования, заполнения, перекачки сосудов масля-

ного хозяйства. Недостатком данного метода является необходимость периодической замены или регенерации фильтрующего элемента. На рисунке 1 представлена принципиальная гидравлическая схема установки данного типа.

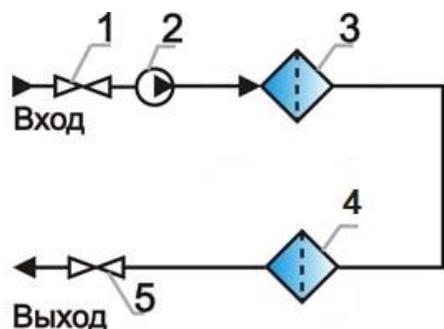


Рисунок 1. Принципиальная гидравлическая схема установки фильтрации масла: 1 – входной вентиль; 2 – шестеренчатый насос; 3 – фильтр грубой очистки; 4 – фильтр тонкой очистки; 5 – выходной вентиль

Адсорбционный метод очистки масла нашел широкое применение для очистки трансформаторного масла от влаги, образующейся в целлюлозной изоляции из-за ее гигроскопичности, а также для снижения кислотности масла. Суть метода состоит в пропускании масла через сорбентные патроны, заполненные цеолитом – минералом, способным к избирательному ионному обмену, впитыванию и удержанию влаги [1]. Применение установок, использующих данный метод, позволяет значительно пролить срок службы твердой целлюлозной изоляции трансформатора, и, как следствие, увеличить межремонтный период, снизить затраты на его обслуживание. В зависимости от конкретных условий эксплуатации и параметров масла, содержащийся в патронах цеолит может быть заменен на силикагель. Преимуществами данного метода являются возможность удаления воды, находящейся в различных состояниях и при любой температуре, отсутствие нагрева масла и низкое энергопотребление. К недостаткам следует отнести высокую стоимость адсорбционных материалов, необходимость периодической их регенерации, для которой требуется соответствующая инфраструктура. На рисунке 2 представлена принципиальная гидравлическая схема установки адсорбционной очистки.

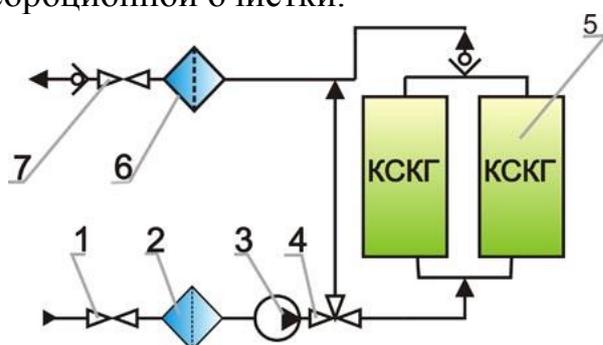


Рисунок 2. Принципиальная гидравлическая схема установки адсорбционной очистки масла: 1 – входной вентиль; 2 – фильтр грубой очистки; 3 – шестеренчатый насос; 4 – трехходовой вентиль; 5 – сорбентные патроны; 6 – фильтр тонкой очистки; 7 – выходной вентиль

Следующий рассматриваемый метод физической очистки масла – сепарация в центрифуге. Основа метода – разделение загрязненного масла на фракции разной плотности под действием центробежных сил, возникающих при вращении барабана центрифуги. При достижении номинального числа оборотов масло, находящееся внутри барабана, принимает форму воронки

и разделяется на фракции от центра к периферии. Разделенные таким образом фракции, представляющие собой масло и эмульсированную воду, удаляются из центрифуги через трубки либо технологические каналы. С момента открытия данного метода были разработаны центрифуги различные по конструкции, размерам, производительности и техпроцессу, однако сложность конструкции, необходимость чистки оборудования, высокое энергопотребление, и по сути, низкая их производительность свели к минимуму применение машин большого размера. Целесообразным применением данного метода в настоящее время можно назвать использование центрифуг малой производительности в установках мобильного исполнения, позволяющих производить грубую очистку от механических примесей и нерастворенной воды низких концентраций (рисунок 3).



Рисунок 3. Мобильный стэнд очистки масел СОГ-933К1

На сегодняшний день наиболее эффективным методом очистки масла от влаги, и растворенных в нем газов, можно назвать метод вакуумной сушки. Метод основан на разности температур кипения масла и воды. При создании разряжения в герметичном сосуде, содержащем загрязненное масло, вода начинает испаряться с поверхности жидкости раньше, чем масло. Данный физический процесс протекает быстрее при нагреве масла до определенной температуры, поэтому метод еще называют термовакuumной сушкой, однако принудительный нагрев масла не всегда обязателен т.к. по параметрам техпроцесса

масло изначально может иметь нужную температуру. Принципиальным отличием данного метода является возможность удаления воды, находящейся в растворенном состоянии и снижение ее содержания до уровня кривой насыщения – границы фазового перехода воды в свободное состояние, таким образом исключается появление свободной воды даже после охлаждения масла, происходящее в теплообменном оборудовании, либо после слива из подшипников (рисунок 4) [2].

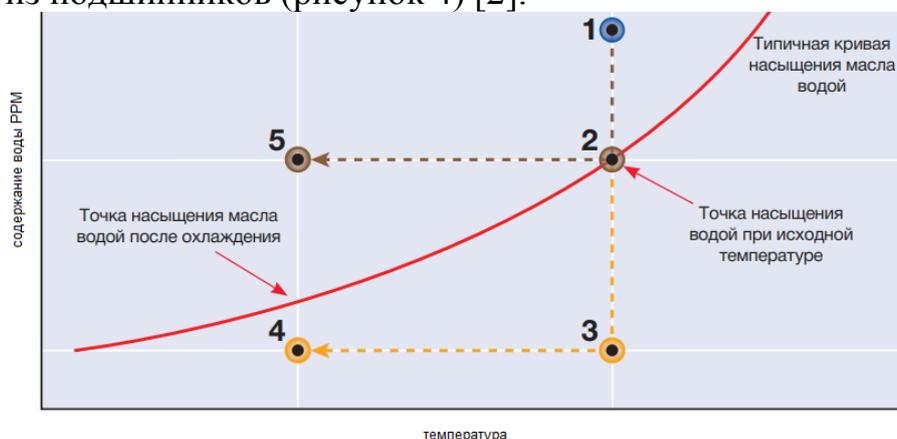


Рисунок 4. Диаграмма фазовых переходов воды в масле

Точке 1 соответствует исходное состояние загрязненного масла. Установки очистки, не использующие метод вакуумной сушки, способны снизить содержание воды только до точки ее насыщения, находящейся на кривой насыщения – точка 2. При этом удаляется только вода, находящаяся в свободном состоянии, при последующем охлаждении масла влага снова переходит в свободную фазу, вызывая коррозию гидросистемы и разрушение самого масла. Принципиальное устройство установки вакуумной сушки может быть описано следующим образом: загрязненное масло через входной вентиль поступает на входной механический фильтр, далее на входной насос, подающий его в вакуумную емкость через форсунку, разливающую масло по стенкам сосуда, при этом формируется максимальная площадь поверхности масла с которой испаряющаяся вода и растворенные в масле газы увлекаются из емкости вакуумным насосом, стекающая в нижнюю часть сосуда масло уходит на всасывание выходного насоса, и через выходной фильтр и вентиль возвращается в систему смазки. Преимуществами данного метода, помимо описанных выше, являются его невысокое энергопотребление и универсальность его применения.

#### **Список литературы**

1. ООО «Сарпром-оборудование» сайт URL: <http://www.sarprom.com> (дата обращения 02.03.2023).
2. Техническая спецификация установки комплексной очистки масла HNP022 сайт URL: <http://www.pall.com> (дата обращения 02.03.2023).

УДК 622.02

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР ЛЭП В РОССИИ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

*Делягин Михаил Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, кафедры ССМиК  
Гордеев Максим Николаевич, студент группы 3340811/01*

*Тульский государственный университет, Тула*

Рассматривается опора линий электропередач (ЛЭП) из композитного материала, ее развитие и распространение в России, а также этапы и технология изготовления таких опор методом намотки с помощью стеклоровинга. В статье рассмотрены преимущества композитных опор линий электропередач перед стальными и железобетонными опорами. Композитные опоры являются перспективной конструкцией в электроэнергетике, как в средней полосе, так и во влажном и суровом климате. Простота и скорость монтажа дает возможность использовать данные виды опор в горной и труднодоступной местности, не привлекая крупногабаритную технику.

*Ключевые слова:* Композитная опора линий электропередач, технология создания композитных опор, композит, электроэнергетика, стеклоровинг, стеклопластик.

Композитные опоры линий передач – это инновационное решение, которое позволяет улучшить качество электрических сетей благодаря их высокой прочности, долговечности и стойкости к агрессивным воздействиям. В России композитные опоры начали применяться в начале 2000-х годов, и с тех пор их использование только растет.

Композитные опоры производятся из стекловолокна и смол, что обеспечивает для них существенные преимущества по сравнению с опорами из традиционных материалов, таких как сталь и железобетон:

- высокая прочность: композиты обладают намного более высокими характеристиками прочности, чем сталь и бетон.
- долговечность: опоры из композитов не ржавеют и не гниют, а потому имеют более длительный срок эксплуатации.
- легкий вес: опоры композитного типа весят на 40-50% меньше своих железобетонных аналогов.

Таблица 1

*Сравнительный анализ композитных и железобетонных опор*

Композитные опоры		Железобетонные опоры	
Высота опор, мм	Вес, кг	Высота опор, мм	Вес, кг
8000	45	9500	800
9000	66	10500	1100
11000	92	11000	1200
12000	110	16400	3620

Безопасность: композитные опоры не проводят электричество и не являются источником коррозии или нагрева.

В России первые опыты использования композитных опор начались в конце 90-х годов XX века. В 2001 году компания «Рускомполит» выпустила первую партию композитных опор, которая была установлена в Ульяновске. Затем они стали массово устанавливаться на линиях электропередач по всей России.

Сегодня композитные опоры широко используются в стране для создания линий передач высокого и экстремально высокого напряжения. Например, в 2016 году Башкирская генерирующая компания установила около 150 км линий передач на опорах из композитных материалов.

Существенные преимущества композитных опор делают их все более популярными в России. Среди наиболее значимых достоинств можно выделить экономичное использование земельных ресурсов и снижение влияния на окружающую среду, за счет легкого веса и длительного срока эксплуатации. Помимо этого, композитные опоры являются эстетически более привлекательными и проще в установке, чем опоры из традиционных материалов.

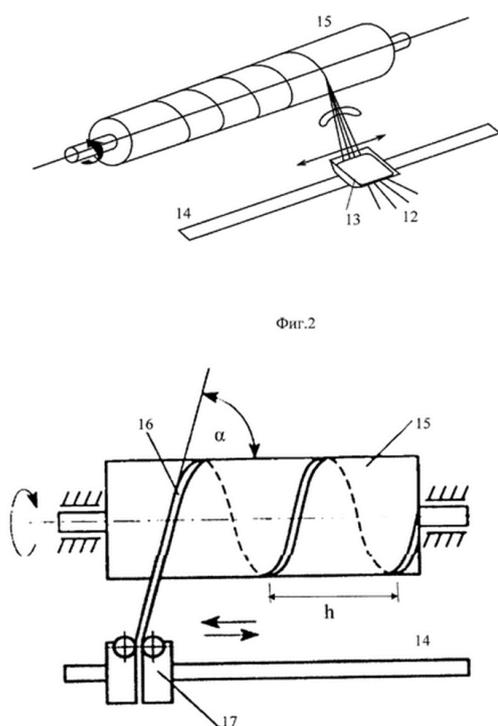


Рисунок 1. Технология создания композитных опор линий электропередач

соответствующая одной из зон и таким образом, сформирован один слой композитного материала для всей стенки или для данной зоны.

Для получения заданных толщин стенки при намотке композитного материала варьируют число его слоев вдоль оси вращения оправки 15 в соответствии с предварительно рассчитанной зональной структурой слоев.

Технология создания композитных опор линий электропередач (КОЛЭП) состоит из следующих действий. Каретка 17 движется по направляющим 14. При этом лента 16 укладывается на оправку 15 с шагом  $h$ , который превышает ширину ленты в целое число раз, и под заданным углом  $\alpha$  к продольной оси. За один проход каретки 14 формируется один спирально-перекрестный виток, закрывающий часть поверхности оправки 15. При следующем проходе каретки 17 лента 16 укладывается встык к ранее намотанной. Проходы повторяются до тех пор, пока не будет закрыта вся поверхность оправки 15 или часть поверхности оправки 15, соот-

При этом на всю поверхность оправки 15 наматывают слои, которые являются общими для всех зон, а на соответствующие части поверхности оправки 15 дополнительные слои соответствующей зоны (рисунок 1).

КОЛЭП имеют ряд преимуществ перед традиционными железобетонными опорами – легкость и компактность конструкции, антикоррозионность, долговечность и устойчивость к агрессивным средам. Их использование позволяет снизить затраты на транспортировку и монтаж опор, повысить энергоэффективность электросетей и увеличить их надежность.

Композитные опоры линий передач – это инновационное решение, которое становится все более значимым в России. Большое число преимуществ, включая легкий вес, высокую прочность и безопасность, долговечность и эстетическую привлекательность, делают их оптимальным выбором для создания новых линий электропередач в России.

#### **Список литературы**

1. Короткевич М.А., Млынчик М.И. Определение прогибов железобетонных стоек опор воздушных линий электропередачи // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2011. № 5. С. 11- 16. <http://extremal-mechanics.org/wp-content/uploads/2017/03/LEP.pdf>
2. ЗАО «Феникс-88». Каталог продукции – композитные опоры ЛЭП // [http://www.fenix88.nsk.su/files/kom\\_opor/opori\\_lep2014.pdf](http://www.fenix88.nsk.su/files/kom_opor/opori_lep2014.pdf)
3. Реут М.А., Рокотян С.С. и др. Справочник по проектированию линий электропередачи. М., «Энергия». 1980. 296 с.

УДК 681.518.3

## ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

*Дмитриев Олег Сергеевич, профессор, д-р техн. наук, заведующий кафедрой физики*

*Барсуков Александр Андреевич, аспирант*

***Тамбовский государственный технический университет, Тамбов***

---

Обоснована важность изучения кинетических характеристик при отверждении полимерных композитов и необходимость применения для этой цели информационно-измерительной системы. Рассмотрены основные принципы построения пользовательских интерфейсов информационных систем. Представлена возможность графической визуализации результатов экспериментальных исследований и расчетов мощности тепловыделения и кинетических характеристик. Предложенное визуальное представление кинетических характеристик позволяет повысить оперативность исследования и расширяет функциональные возможности системы.

*Ключевые слова: информационно-измерительная система, кинетические характеристики, пользовательский интерфейс, полимерные композиты.*

Полимерные композиты (ПК) на основе термореактивных связующих в последние годы становятся все более востребованными конструкционными материалами во многих отраслях науки и техники. Их применяют в электро- и радиотехнике, электронике, судостроении, авиации, космонавтике, химической промышленности, автомобильной, сельскохозяйственной и железнодорожной технике и многих других [1].

Технологический процесс изготовления деталей из ПК предусматривает тепловую обработку, в процессе которой активируется термореактивное связующее и происходит химический процесс сшивки полимера или отверждение. Свойства и качество изделий из ПК во многом зависят от ингредиентов и определяются температурно-временным режимом отверждения [2]. Поэтому необходимо рассчитать оптимальные технологические режимы отверждения изделий из ПК.

Расчет и оптимизация режимов отверждения ПК предполагает использование математических моделей [3]. Кроме того, для решения задачи оптимизации технологического процесса отверждения требуется экспериментально с помощью специального оборудования определить параметры математической модели и численные значения ограничений, накладываемых на решение задачи оптимизации, а также провести расчет режима отверждения. Для исследования процесса отверждения ПК разработана спе-

специализированная информационно-измерительная система (ИИС), включающая в свой состав аппаратно-технические средства, а также математическое, алгоритмическое, программное и метрологическое обеспечение [4].

Параметрами математической модели процесса отверждения ПК являются теплофизические (ТФХ) и кинетические характеристики (КХ) [5]. Для их экспериментального определения в состав ИИС входит подсистема исследования. Эксперименты проводятся на специально изготовленных образцах, набранных в виде пакета наполнителя из стекло- или углеволокна (ткани), пропитанного термореактивным связующим, например эпоксидным. Образец помещается в измерительное устройство ИИС и подвергается нагреву с определенной скоростью. В результате образец отверждается с протеканием экзотермической реакции. В процессе эксперимента регистрируются данные, представляющие собой дискретные значения температуры, измеренные в различных точках образца и во времени. Эти данные затем обрабатываются по специальным алгоритмам и являются необходимой информацией для расчета ТФХ и КХ. Проведение экспериментальных исследований, обработка данных, решение задачи оптимизации режима отверждения и визуализация этих процессов происходит с применением прикладного программного обеспечения под управлением разработанного пользовательского интерфейса ИИС.

Пользовательские интерфейсы для определения ТФХ и КХ имеют общие черты и некоторые различия. При разработке пользовательского интерфейса ИИС предъявлялись следующие требования:

- простота использования – позволяющая пользователю быстрее адаптироваться при работе с ним;
- дружелюбность – исключающая дискомфорт при пользовании им и оснащение всякого рода подсказками;
- естественность – позволяющая пользователю предугадывать его действия без дополнительных инструкций и обладающая интуитивной понятностью;
- функциональность – эффективность использования и набор различных дополнительных возможностей.

Учитывая перечисленные требования и опыт существующих программных оболочек, например, Windows, пользовательский интерфейс ИИС был построен по принципу интерфейса-меню, в котором при работе пользователю открываются соответствующие окна в виде меню и работа осуществляется в интерактивном режиме посредством выбора соответствующего пути и задания необходимых действий системы.

В начале работы с ИИС пользователь включает установку, запускает пользовательский интерфейс, выбирает модуль управления экспериментом и задает в нем необходимые параметры для работы. При необходимости выполнения эксперимента задаются условия его проведения. Измеренные ве-

личины при проведении эксперимента в режиме реального времени передаются в модуль визуализации информации. Экспериментальные данные отображаются в табличной и графической форме. Полученная в результате проведения эксперимента информация сохраняется модулем управления в базе данных ИИС. Визуализация расчетов также может быть отображена в виде таблиц и графиков.

Расчет кинетических характеристик процесса отверждения ПК, т.е. энергии активации  $E(\beta)$  и кинетической функции  $\varphi(\beta)$  производится на основе мощности тепловыделений  $W$ , вычисленной, в свою очередь, по экспериментальным данным с использованием ТФХ ПК. Экранная форма графического представления мощности тепловыделения  $W$ , температуры  $T$  и степени отверждения  $\beta=Q/Q_t$  показана на рисунке 1.

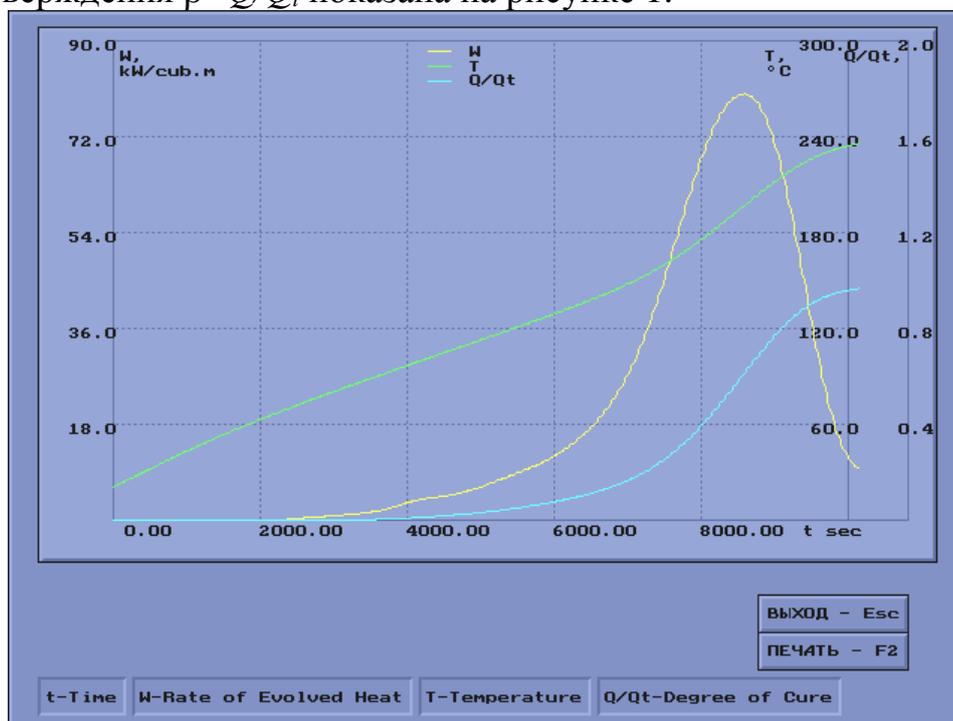


Рисунок 1. Мощность тепловыделений  $W$ , температура  $T$  и степень отверждения  $\beta$  в зависимости от времени  $t$

Производится несколько экспериментов по отверждению нескольких образцов ПК с различными скоростями нагрева. В итоге получаем несколько файлов данных отверждения, занесенных в БД ИИС. Эти данные могут просматриваться отдельно или в сравнении сразу несколько. Экранная форма графического представления мощности тепловыделения четырех экспериментов, выполненных с разными скоростями нагрева, показана на рисунке 2. Такое представление информации наглядно показывает наличие полученной информации, помогает в планировании недостающих экспериментов и является основой для определения кинетических характеристик  $E(\beta)$  и  $\varphi(\beta)$ .

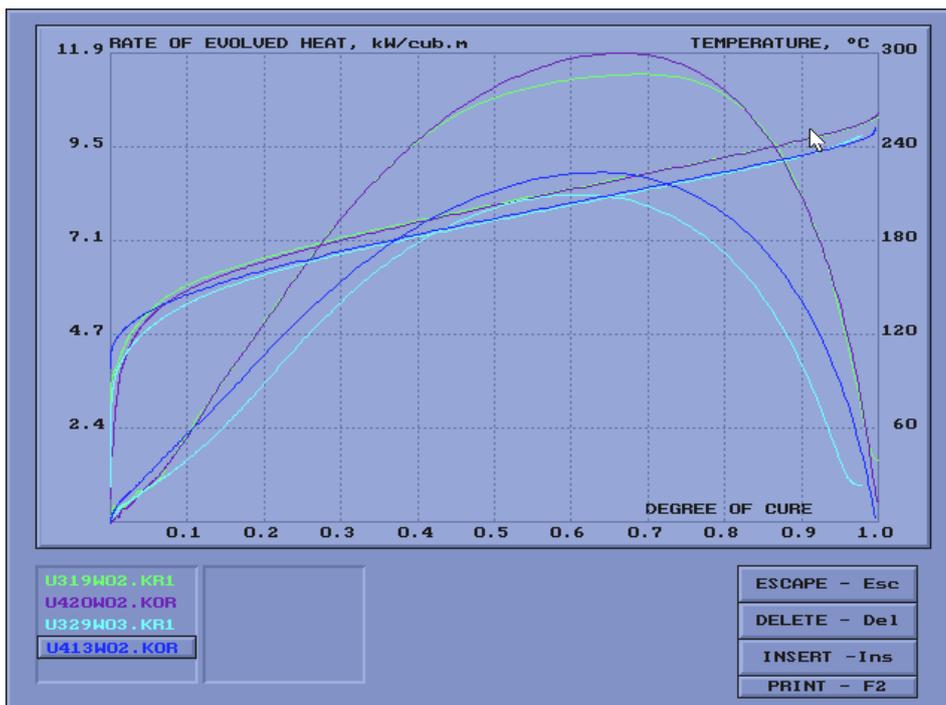


Рисунок 2. Мощность тепловыделений  $W$  и температура  $T$  в зависимости от степени отверждения  $\beta$

По результатам нескольких экспериментов определения мощности тепловыделений  $W$ , показанные на рисунке 2, рассчитываются кинетические характеристики  $E(\beta)$  и  $\varphi(\beta)$ , вид которых в зависимости от степени отверждения  $\beta$  представлен на рисунке 3.

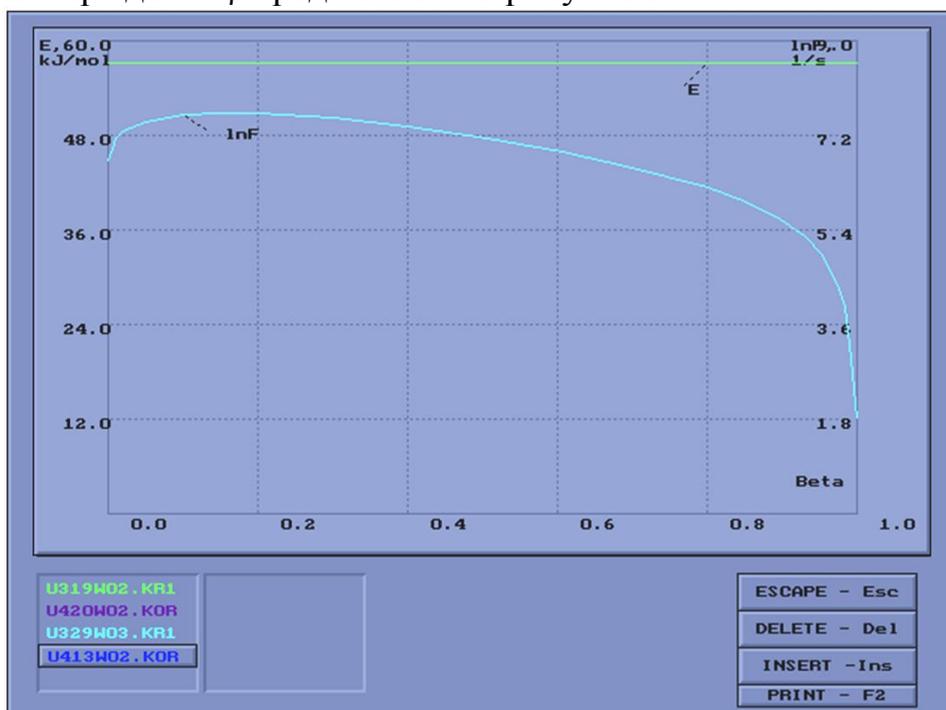


Рисунок 3. Кинетические характеристики процесса отверждения ПК

Энергия активации процесса отверждения для большинства термореактивных материалов имеет зависимость от степени отверждения и

определяется как функция  $E(\beta)$ . Для некоторых материалов в виду слабой зависимости от степени отверждения, находящейся в пределах погрешности измерения, энергия активации определяется как константа  $E$ . Кинетическая функция  $\varphi(\beta)$  в процессе отверждения изменяется на несколько порядков и поэтому на графике представляется в полулогарифмических координатах, как  $\ln\varphi(\beta)$ .

Представленный пользовательский интерфейс ИИС позволяет химику-технологу быстро освоить работу с ИИС и плодотворно использовать результаты экспериментов и расчетов. Полученные данные являются результатом статистической обработки большого числа экспериментов и представлены в сжатом виде и в графической форме, пригодной для дальнейшего использования в компьютерных расчетах. Исследованные теплофизические и кинетические характеристики ПК, могут быть использованы при математическом моделировании как параметры модели для расчета новых и оптимизации существующих режимов отверждения.

#### Список литературы

1. Каблов, Е.Н. *Материалы нового поколения и цифровые технологии их переработки* // Вестник Российской академии наук. - 2020. Т. 90. No 4. - С. 331-334.
2. Дмитриев, О.С. *Влияние режимов термообработки на геометрические и механические характеристики углепластиковых трубчатых элементов* / О.С. Дмитриев, И.В. Малков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. - 2016. Т. 22. No 3. - С. 427-438.
3. Dmitriev, O.S. *Thermo-chemical analysis of the cure process of thick polymer composite structures for industrial applications* / O.S. Dmitriev, A.A. Zhyvenkova, A.O. Dmitriev // *Advanced Materials and Technologies*. - 2016. No 2. - P. 53-60.
4. Живенкова, А.А. *Алгоритмическое и программное обеспечение информационно-измерительной системы исследования теплофизических характеристик полимерных композитов в процессе отверждения* / А.А. Живенкова, О.С. Дмитриев // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского*. 2014. Т. 54. № 4. С. 212-217.
5. Дмитриев О.С., Барсуков А.А. *Моделирование кинетических характеристик процесса отверждения полимерных композитов на основе нейронной сети* // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2021. Т. 27. № 1. С. 31-41.

## ФУНДАМЕНТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОРПУСА НА ИЛИСТОМ ОСНОВАНИИ

*Егорова Наталья Павловна, инженер-проектировщик*

*ООО «Строй-Тех», Пенза*

*Панкина Мария Вячеславовна, ст. преподаватель кафедры геотехники и дорожного строительства;*

*Карамышев Максим Андреевич, студент направления 08.03.01 «Строительство»*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза*

В работе решается задача по разработке фундаментов производственного здания. Особенностью проектирования является наличие в основании открытого слоя ила. Указанный грунт относится к структурно-неустойчивому основанию и требует учета специфических характеристик при расчетах, а также проведения специальных мероприятий при устройстве фундаментов.

Рассмотрены варианты в виде призматических свай вдавливания и фундаментов мелкого заложения на песчаной подушке. Выполнен расчет осадки с учетом консолидации грунта, а также определена осадка во времени.

В результате технико-экономического сравнения вариантов рекомендуется устройство песчаной подушки.

*Ключевые слова: органоминеральные грунты, илы, фильтрационная консолидация, консолидация грунта, песчаная подушка, осадка во времени.*

При проектировании разноэтажного корпуса по производству молочных продуктов решалась задача выбора оптимального варианта фундамента. Здание переменной этажности (рисунок 1): первый и второй этажи размерами в плане  $36,0 \times 60,0$  м, третий этаж –  $36,0 \times 18,0$  м, высота одного этажа 3,6 м. Здание запроектировано с жесткими поперечными рамами, состоящими из сборных железобетонных колонн с шагом 6,0 м и стальных несущих конструкций покрытия в виде ферм с шагом 6,0 м.

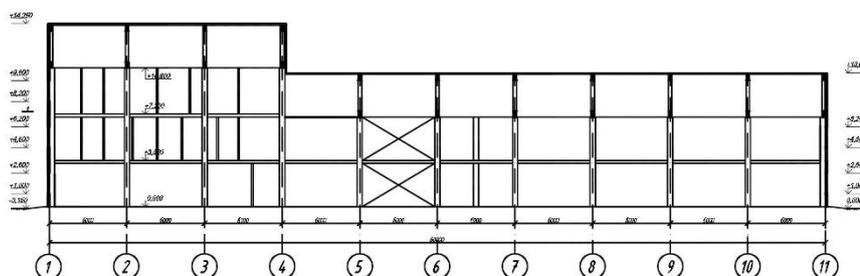


Рисунок 1. Разрез здания

Проектирование фундаментов ведется на основании сбора нагрузок для четырех характерных сечений здания (рисунок 2):

- 1-1 – под средней колонной двухэтажной части здания;
- 2-2 – под среднюю колонну трехэтажной части здания;
- 3-3 – под крайнюю колонну;
- 4-4 – под угловую колонну.

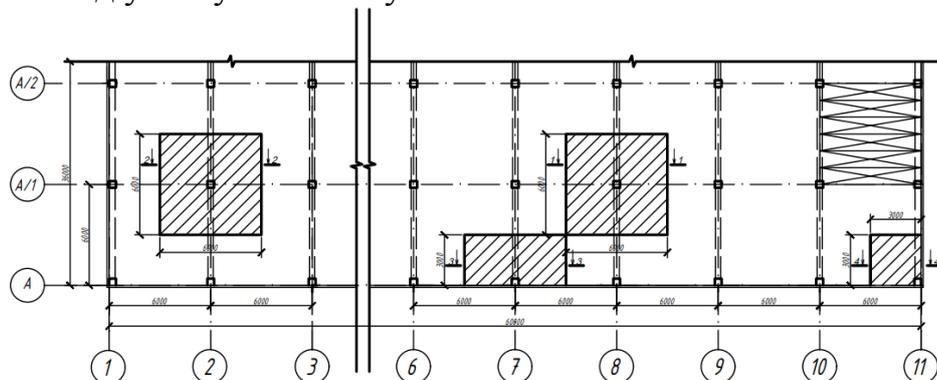


Рисунок 2. Характерные участки здания с выделенными грузовыми площадями

Нагрузки под наиболее нагруженной средней колонной сечения 2-2 составляют значения: вертикальная  $N_{II} = 1750,0$  кН, горизонтальная  $T_{II} = 150,0$  кН, изгибающий момент  $M_{II} = 250$  кН·м.

Особенностью инженерно-геологических условий площадки строительства является залегание на небольшой глубине слоя ила. При бурении вскрыто следующее напластование грунтов разной мощностью (таблица 1):

- ИГЭ-1 – почвенно-растительный слой;
- ИГЭ-2 – ил;
- ИГЭ-3 – глина тугопластичная;
- ИГЭ-4 – суглинки полутвердые.

Таблица 1

Физико-механические показатели грунтов

Наименование грунта	$h$	$\gamma$	$\gamma_s$	$\gamma_d$	$\omega$	$\omega_L$	$\omega_p$	$I_p$	$I_L$	$e$	$S_r$	$\varphi$	$C$	$E$
	м	кН/м <sup>3</sup>			%			д. ед.			град.	кПа	МПа	
Почвенно-растительный слой	1,0	15,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ил	3,5	16,5	27,0	10,3	60	60	43	17	1,0	1,62	1,0	5	10	3
Глина тугопластичная	5,0	18,2	26,9	13,1	39	50	30	20	0,45	1,05	0,9	11	12	8
Суглинки тугопластичные	10,0	19,0	26,9	15,0	28	36	22	14	0,43	0,79	0,9	16	15	15

Илы относятся к структурно-неустойчивым грунтам и обладают специфическими свойствами: значительной сжимаемостью, изменчивостью прочностных, деформационных и фильтрационных характеристик в процессе консолидации основания [1].

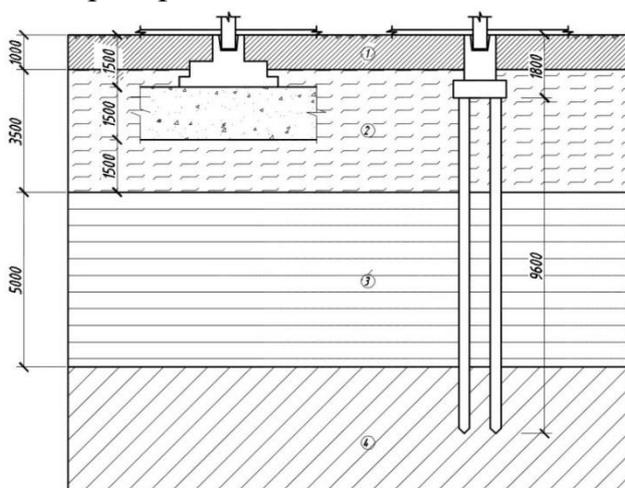
Основания, сложенные водонасыщенным органоминеральным грунтом недопустимо использовать в качестве несущего слоя. При проектировании фундаментов необходимо учитывать указанные особенности, а также рассчитывать длительность развития осадок во времени и возможность возникновения нестабилизированного состояния.

При проектировании зданий на илах следует проводить следующие конструктивные мероприятия:

- предусматривать пояса жесткости;
- выполнять дополнительное армирование железобетонных конструкций;
- делить здание вертикальными осадочными швами.

Существуют разные способы проектирования фундаментов на илистом основании:

- уплотнение основания временной или постоянной нагрузкой, в том числе с устройством дренажа;
- прорезка полная или частичная слоя органических грунтов свайными фундаментами;
- выторфовка слоев слабого грунта с последующей заменой на более прочный грунт;
- возведение фундаментов на песчаных подушках;
- устройство сплошной плиты, перекрестных монолитных или сборно-монолитных лент с конструктивными мероприятиями по повышению пространственной жесткости здания.



*Рисунок 3. Инженерно-геологический разрез с привязкой вариантов фундаментов*

Мероприятия выбирают на основе технико-экономического сравнения вариантов.

В качестве первого варианта рассмотрены традиционные призматические сваи С10-30 длиной 10,0 м, сечением 30 × 30 см, позволяющие полностью прорезать слой слабого илистого грунта (рисунок 3). С учетом значительной тиксотропности илов, вызывающей временное разжижение грунта в период динамического воздействия, в качестве

технологии устройства свай выбрано вдавливание.

Несущим слоем выбран слой ИГЭ-4 – суглинок полутвердый с показателем текучести  $I_L = 0,24$ . Несущая способность сваи определена по СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» и составляет  $F_d = 460$  кН.

Проектирование свай ведется с учетом расчетно-допускаемой нагрузки на сваю:

$$N_{рд} = \frac{F_d}{\gamma_n} = \frac{460}{1,4} = 330 \text{ кН}, \quad (1)$$

где  $\gamma_n$  – коэффициент, зависящий от способа определения несущей способности. В данной работе последняя определена расчетным методом.

Под средние колонны (сечения 1-1 и 2-2) запроектированы кусты из восьми свай (рисунок 4), под крайнюю и угловую (сечение 3-3 и 4-4) – из четырех. Расстояние между осями свай принимается равным  $3d = 0,9$  м, где  $d$  – сторона сваи.

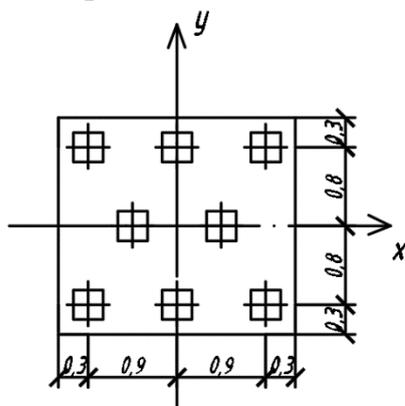


Рисунок 4. План куста свай под среднюю колонну

В продолжении расчета по несущей способности проверяется условия

$$\begin{cases} N_{max} \leq 1,2N_{рд} \\ N_{min} > 0 \end{cases}, \quad (2)$$

где максимальная и минимальная нагрузки на крайние сваи в кусте определяются согласно с положениями СП 24.13330.2011 и зависят от расчетных нагрузок под колонной с соответствующими коэффициентами перегрузки: вертикальной  $N_I = 2120$  кН, горизонтальной  $T_I = 170$  кН, изгибающим моментом  $M_I = 290$  кН·м.

Далее выполняется расчет по деформациям: определяется осадка куста свай как условного фундамента, подошва которого находится в уровне острия свай. Давление под подошвой условного фундамента  $P_{уф} = 315$  кПа.

Для расчета осадки с использованием схемы грунтового основания в виде линейно-деформированного полупространства обязательно выполнение условия, что давление под подошвой условного фундамента  $P_{уф}$  не превышает расчетного сопротивления грунта  $R$ . Последнее определяется по СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений», зависит от прочностных характеристик грунта и составляет  $R = 450$  кПа, что выше давления  $P_{уф}$ . Расчетная осадка определяется методом послойного суммирования. Полученное значение  $S = 1,0$  см, что значительно меньше предельно-допустимого значения осадки  $S_u = 10,0$  см для данного типа здания.

Общее количество свай составило 490 шт, сметная стоимость устройства свай вдавливанием, и монолитных ростверков с учетом земляных работ по отрывке котлована составила 18 900,0 тыс. руб.

В качестве альтернативного варианта выбран фундамент мелкого заложения на песчаной подушке. Устройство последней относится к методам

искусственного улучшения основания вследствие замены части слабого слоя на грунт с повышенными прочностными характеристиками. Как правило, для подушек рекомендуются пески крупные и средней крупности. В отдельных случаях допускается применение щебня, гравия или естественной гравийно-песчаной смеси. Мелкие пески не рекомендуются для устройства подушек.

Проектирование песчаной подушки сводится к выполнению трех условий:

– основная задача – выбор толщины подушки  $h_{\text{пп}} \geq \frac{1}{2}b$ , где  $b$  – ширина подошвы фундамента;

– проверка подстилающего слоя  $\sigma_{\text{зр}} + \sigma_{\text{zg}} \leq R_z$ , где  $\sigma_{\text{зр}}$  и  $\sigma_{\text{zg}}$  – дополнительное и природное давления в уровне низа песчаной подушки;  $R_z$  – расчетное сопротивление подстилающего подушку слабого слоя грунта;

– расчет осадки.

Песчаное основание является непучинистым и позволяет назначить высоту фундамента конструктивно  $d_1 = 1,5$  м. Ведется подбор размеров подошвы столбчатого фундамента из условия:

$$\begin{cases} P_{\text{max}} \leq 1,2R_{\text{п}} \\ P_{\text{min}} > 0 \end{cases}, \quad (3)$$

где  $P_{\text{max}}$ ,  $P_{\text{min}}$  – крайевые давления под подошвой фундамента;

$R_{\text{п}}$  – расчетное сопротивление песка.

Для грунтовой подушки приняты следующие характеристики песка средней крупности: удельный вес грунта  $\gamma_{\text{п}} = 18,0$  кН/м<sup>3</sup>; угол внутреннего трения  $\varphi_{\text{п}} = 32^\circ$ ; удельное сцепление  $c_{\text{п}} = 0$ ; модуль деформации  $E_{\text{п}} = 25,0$  МПа. Расчетное сопротивление песка составляет  $R_{\text{п}} = 370,0$  кПа.

Размеры в плане фундамента под средние колонны (сечения 1-1 и 2-2) приняты  $b \times l = 3,0 \times 3,9 = 11,7$  м<sup>2</sup>, под крайние и угловые (сечения 3-3 и 4-4)  $b \times l = 2,1 \times 2,7 = 5,7$  м<sup>2</sup>. Среднее давление под подошвой фундамента составляет  $P_{\text{ср}} = 180,0$  кПа.

Толщина песчаной подушки назначена из размера подошвы фундамента под среднюю колонну (сечение 2-2)  $h_{\text{пп}} = 0,5 \cdot 3,0 = 1,5$  м.

При дальнейшей проверке подстилающего слоя определено расчетное сопротивление ила  $R_z = 165$  кПа. Указанное значение сравнивается с суммой природного и дополнительного давления в уровне низа песчаной подушки

$$\sigma_{\text{зр}} + \sigma_{\text{zg}} = 95,0 + 50,0 = 145,0 \text{ кПа}, \quad (4)$$

что меньше расчетного сопротивления ила  $R_z$  – условие выполняется.

Расчетная осадка составляет  $S = 5,0$  см, что меньше предельно-допустимого значения для данного здания  $S_{\text{д}} = 10,0$  см.

Наибольшие деформации реализуются в слабом слое ила. Особенностью указанного грунта является длительное протекание осадки. Пески, залегающие непосредственно над слоем ила, выполняют роль дренажа и спо-

способствуют ускорению процесса уплотнения нижележащих илистых грунтов. В этом случае обязательным является расчет конечной осадки сплошной толщи песка, которую рассматривают как одномерную задачу:

$$S = \frac{3Ph}{3E+4P}, \quad (5)$$

где  $P = \sigma_{zp}$  – дополнительное давление на кровлю слоя илистого грунта из выражения (4), кПа;

$h$  – мощность слоя ила, м;

$E$  – модуль деформации ила, кПа.

Тогда конечная осадка:

$$S = \frac{3 \cdot 95,0 \cdot 1,5}{3 \cdot 3000 + 4 \cdot 95,0} = 4,5 \text{ см}$$

Для определения периода протекания первичной (фильтрационной) консолидации строят график осадки во времени, описанный формулой:

$$S_t = QS, \quad (6)$$

где  $Q$  – степень консолидации, которая определяется в зависимости от среднего избыточного давления в поровой воде и фактора времени  $T$  по таблице (5.4) [2];

$S$  – конечная (полная) стабилизированная осадка, см.

Величина фактора времени вычисляется по формуле:

$$T = \frac{c_v t}{h^2} \quad (7)$$

где  $t$  – заданное время консолидации, год;

$c_v = 0,1 \text{ м}^2/\text{год}$  – коэффициент консолидации грунта, который дополнительно определяется в ходе инженерно-геологических изысканий [3].

Для построения графика развития осадок слоя ила во времени задаются степенью консолидации  $Q$  до 0,99 с шагом 0,1.

Тогда заданное время находится из выражения (7):

$$t = \frac{h^2}{c_v} T = \frac{1,5^2}{0,1} T = 22,5T.$$

Для приведенного случая построен график развития осадки во времени (рисунок 4).

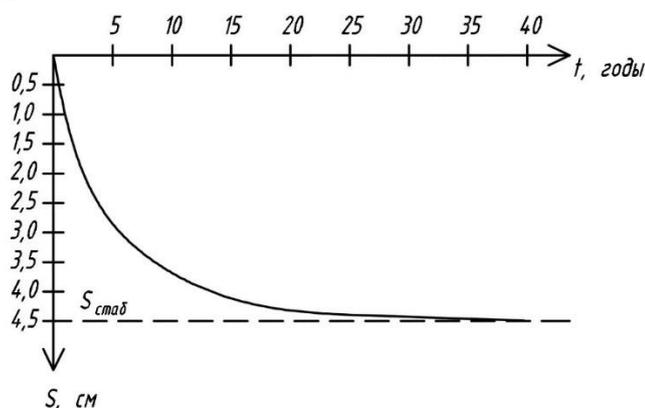


Рисунок 5. График развития осадки во времени

Из графика следует, что стабилизированного состояния слой илистого грунта достигнет через 40,5 лет. Рекомендуется проведение геотехнического мониторинга за осадками здания, в т.ч. в период эксплуатации.

Выбор оптимального варианта фундамента корпуса производится на основании технико-экономического сравнения вариантов фундаментов. В данной работе рекомендуется устройство столбчатых фундаментов под колонны на песчаной подушке. Сметная стоимость указанного варианта составляет 17 500,0 тыс. руб., что на 10% меньше варианта из свай вдавливания. Слабый илистый грунт требует выполнения дополнительных расчетов в виде определения стабилизации осадки во времени, а также проверки подстилающего слоя.

#### **Список литературы**

1. *Востриков, К. В. К методике разделения фильтрационной консолидации и ползучести скелета водонасыщенных грунтов / К. В. Востриков, Ю. П. Смолин, А. В. Клименок // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 3(46). – С. 70-76.*
2. *Методическое пособие по проектированию оснований и фундаментов на органоминеральных и органических грунтах. – Москва: НИИОСП им. М.Н. Герсеванова, 2020. – 75 л.*
3. *Федоров, Б. А. О компрессионной консолидации органоминеральных грунтов / Б. А. Федоров // – 2012. – № 20. – С. 66-71.*

УДК 620.92(520)

## ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ «ЗЕЛеноЙ» ЭНЕРГЕТИКИ В ЯПОНИИ И ТАЙВАНЕ

*Еремкин Александр Иванович, д-р техн. наук, профессор, заведующий  
кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция»*

*Музоваткина Анастасия Олеговна, студент*

*Акчурина Яна Ринатовна, студент*

***Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, Пенза***

---

Представлен обзор и анализ «зеленой энергетики» в Японии и страны Тайвань. Исследование показало, что нынешняя энергетическая стратегия Японии в первую очередь направлена на устранение дефицита энергоснабжения, а во-вторых, на «озеленение» отрасли. После катастрофы на атомной электростанции «Фукусима-1» Япония признала возобновляемые источники энергии средством решения проблемы энергетической безопасности и усилила свою государственную политику по стимулированию инвестиций в возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

*Ключевые слова: Япония, исследования, устранение дефицита, солнечная энергетика, возобновляемые источники энергии, энергетическая безопасность, низкоуглеродная энергетика, катастрофа, энергетическая эффективность, возобновляемые источники энергии, Тайвань, ветропарки, развитие «зеленой энергетики», геотермальная энергия.*

Исследования показали, что на данный момент энергетическая стратегия Японии направлена в первую очередь на устранение дефицита энергоснабжения и, во вторую очередь, на использование «озеленение» энергетики в отраслях экономики.

В Японии с высоким технологическим уровнем развития уделяется большое внимание применению «зеленой» энергетики. После катастрофы на АЭС «Фукусима-1» страна активизировала государственную политику по стимулированию инвестиций в возобновляемые источники энергии.

К концу второго десятилетия Япония вошла в первую пятерку стран с наибольшим объемом мощностей возобновляемой энергетики (кроме гидроэнергетики). Однако стоимость установки возобновляемых источников энергии и стоимость электроэнергии в Японии выше, чем соответствующие показатели других стран.

Япония также входит в пятерку стран с наибольшим объемом выбросов CO<sub>2</sub>, 90% которых связаны с энергетикой, за это она подвергается критике со стороны множества организаций по сохранению баланса природы.

Япония объявляет об амбициозных планах к 2050 по достижению углеродной нейтральности году за счет развития технологий солнечной энергетики и переработки углекислого газа. Одним из главных шагов на пути к низкоуглеродной экономике должно стать развитие водородной энергетики.

**VI Национальная научно-практическая конференция «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА»**

В последние годы Япония добилась определенных успехов в развитии «зеленой» энергетики, но пока что рано называть эту тенденцию устойчивой. В условиях низких цен на нефть и экономического спада, вызванного пандемией COVID-19, будущее возобновляемых источников энергии остается неизвестным.

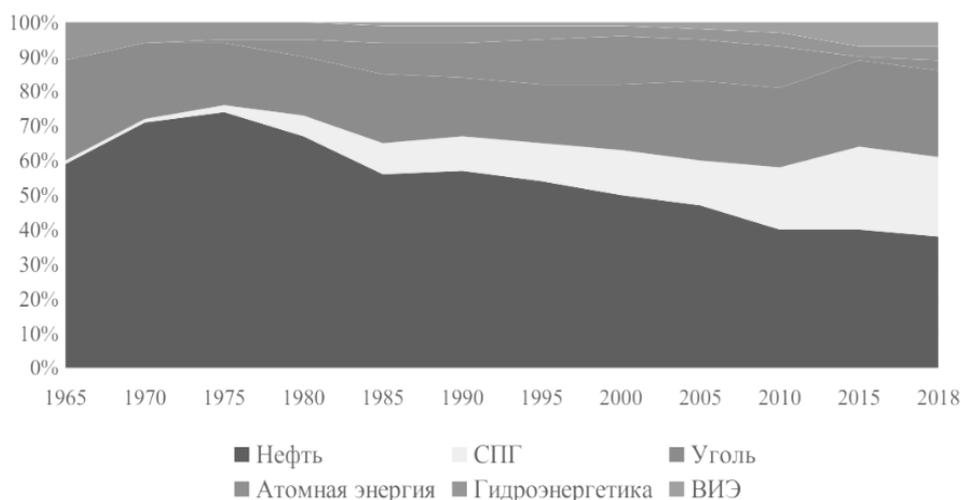
Энергетический сектор в Японии считается одним из важнейших на пути формирования новой экономической модели с учетом того, что он является крупнейшим источником выбросов в атмосферу углекислого газа.

Развитие низкоуглеродной энергетики имеет важное значение для Японии, так как перед ней стоит задача решения проблемы энергетической безопасности, так как она сильно зависит от ископаемого топлива из других стран.

Существует несколько форм возобновляемой энергии, в том числе энергия, получаемая из таких источников, как солнце, ветер, биомасса, а также геотермальная энергия, гидроэнергия, биогаз и жидкое биотопливо.

Ядерная же энергия, как энергия ветра и солнца, не наносит вреда климату с точки зрения выбросов CO<sub>2</sub>. Однако угрозы безопасности и проблема захоронения радиоактивных отходов не позволяют ей стоять на одном уровне с возобновляемой энергетикой. Дискуссионным остается вопрос об отнесении атомной энергетики к разряду «зеленой» энергетики.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что географические и климатические факторы сформировали консервативный доступ ко всем значимым новшествам. Изменение энергетической стратегии в стране произошло в основном в результате чрезвычайных ситуаций: экономических и природно-климатических факторов (стихийные бедствия, разрушение энергетической инфраструктуры, авария на АЭС «Фукусима»).



*Рисунок 1. Структура предложения первичных источников энергии в Японии*

Катастрофа на АЭС «Фукусима-1» в 2011 году привела не только в Японии, но и во многих странах мира к пересмотру отношения к атомной энергетике. До аварии в Японии было 54 ядерных реактора (третье место в

мире после США и Франции), которые обеспечивали более четверти электроэнергии страны.

Современная энергетическая политика Японии базируется на четырех основных принципах, которые получили название 3E+S: энергетическая безопасность; экономическая эффективность; окружающая среда; безопасность.

В конце второго десятилетия XXI в. наибольшая доля производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Японии была представлена: гидроэнергетикой (7,9%); солнечная энергия (5,2%); биомасса (2,1%); энергия ветра (0,6%); геотермальная энергия (0,2%).

Согласно планам правительства, к 2030 году значение каждого из перечисленных ВИЭ будет возрастать, а структура производства электроэнергии с использованием ВИЭ будет выглядеть следующим образом: гидроэнергетика – 8,8–9,2 %; солнечная энергия – 7%; биомасса – 3,7–4,6 %; энергия ветра – 1,7%; геотермальная энергия – 1,0–1,1%.

По состоянию на конец 2019 года Япония вошла в пятерку стран с наибольшей установленной мощностью возобновляемых источников энергии (за исключением гидроэнергетики). Кроме того, она заняла десятое место по геотермальным электростанциям (ГеоТЭС), девятое место по гидроэлектростанциям (ГЭС) и третье место по солнечным фотоэлектрическим установкам.

Следует отметить, что возобновляемая энергетика Японии не нашла широкого применения, так как это не эффективно с экономической точки зрения. Капитальные затраты на солнечную энергию самые высокие в мире, а один киловатт-час солнечной и ветровой энергии дороже, чем в европейских странах.

«Зеленую» энергетику также можно проследить на летних Олимпийских и Паралимпийских играх в Токио в 2020 году, которые уже были отмечены «Водородной Олимпиадой». Как можно догадаться из названия, основным топливом для обеспечения мероприятия является водород, который использует электроэнергию, получаемую от солнечной батареи, расположенной в префектуре Фукусима.

Турбина и Ветреная электростанция на плато Нунобики, одна из крупнейших ветреных станций в Японии с 33 турбинами.

В электроэнергетическом секторе Японии энергия ветра составляет небольшую долю электроэнергии страны. В 2019 году общая установленная мощность страны составила 3923 МВт. Цели правительства в области ветроэнергетики относительно низкие по сравнению с другими странами и составляют 1,7% от производства электроэнергии к 2030 году. По оценкам, потенциал Японии составляет 144 ГВт для наземной ветроэнергетики и 608 ГВт для оффшорной ветроэнергетики.

Учитывая геологические особенности и опыт использования «зеленой» энергетики в Японии необходимо развивать данные технологии и в России.

Политика в области возобновляемых источников энергии на примере страны Тайвань. В 2009 году правительство приняло Закон о развитии возобновляемой энергии (REDA), направленный на увеличение установленной мощности возобновляемых источников энергии на Тайване до 9,95 ГВт к 2030 году. Зеленый тариф регулируемые REDA, применяются к солнечной энергии, наземному ветру, морскому ветру, биомассе и гидроэнергии.

Президент Цай Ин-вэнь в январе 2015 года заявила, что ее партия стремится к 2025 году отказаться от использования ядерной энергии на Тайване и увеличить долю возобновляемой энергии до 20% к этому году.

В рамках своих усилий по продвижению солнечной энергетики Кабинет министров в октябре 2017 года принял пакет мер по субсидированию строительства и проектирования солнечных панелей на крышах жилых домов, который реализовали в 2018 году. Пакет покрывает 40% затрат на строительство и 100% проектирования. стоит до 2020 года. Кроме того, правительство сняло ограничения на незаконные солнечные конструкции, позволив владельцам оставить панели себе. По словам министра экономики Шен Чен Чин план направлен на покрытие 100% затрат на строительство государственных солнечных электростанций в отдаленных районах. Тем не менее, Бюро энергетики Тайваня заявило, что правительство покрывает только 50% затрат «в отдаленных районах».

#### Возобновляемая энергия

Первая гидроэлектростанция на Тайване была построена в 1905 году. Из-за заботы об окружающей среде строительство крупных гидроэлектростанций больше не планируется, поэтому тенденция смещается в сторону строительства малых гидроэлектростанций.

В конце 2005 года общая установленная мощность гидроэлектростанций на Тайване составляла 4539,9 МВт, из которых 2602 МВт приходится на долю гидроаккумулирующей энергии.

#### Ветряная энергия

Тайвань богат ветровыми ресурсами энергии. По состоянию на август 2016 года в эксплуатации находилось 346 установленных на суше турбин общей установленной мощностью 682 МВт. В 2013 году коэффициент мощности наземной ветровой электростанции Тайваня составляет 28-29%, а общая установленная мощность наземной ветровой электростанции составляет 530 МВт. В настоящее время существует 55 интегрированных и автоматизированных энергии ветра системы, созданные в Чжунтун, Цзиньмэнь, Майяо, Чанггонг и Шиху.

В 2007 г. Национальный университет науки и технологий Пэнху начал проект, заказанный Национальным научным советом, в котором нужно было установить ветропарк площадью 5000 м<sup>2</sup> на территории кампуса для

образовательных и исследовательских целей. В настоящее время здесь установлено 47 небольших экспериментальных турбин, установленных 20 международными компаниями. Все турбины имеют собственную систему мониторинга, которая регистрирует состояние и эффективность. Затем данные передаются через Интернет для анализа и улучшения. Правительство планирует построить к 2030 году в общей сложности 450 береговых ветряных турбин и 600 морских ветряных турбин, рассчитанных на мощность 4200 МВт, из которых 1200 МВт будут на суше, а 3000 МВт - на море.

#### Геотермальная энергия

В Китайская нефтяная корпорация пробурила первую геотермальную тепловую скважину в Уезд Илань в 1976 В августе 2016 г. началось разведочное бурение на геотермальную энергию в г. Саньсин, Уезд Илань , при разработке Китайской национальной нефтяной корпорации, Национальным Тайваньским университетом и Институтом Промышленных Технологий.

Министерство экономики Тайваня (МОЕА) опубликовало прогноз, согласно которому общее предложение «зеленой» энергии на острове в 2025 году достигнет 24,8 млрд кВт·ч, а в 2030 году – 39,1 млрд кВт·ч. Первый показатель на 78,4% больше расчетного спроса в 13,9 млрд кВт·ч в 2025 году, второй – на 90,7% больше расчетного спроса в 20,5 млрд кВт·ч в 2030 году. Оценка общего предложения основана на учете мощности фотоэлектрических и ветроэнергетических установок, которые будут доступны к указанным срокам.

Спрос на «зеленую» энергию на Тайване быстро растет. Чтобы стимулировать переход на нее, министерство экономики будет «состыковывать» производителей электроэнергии с ее крупными потребителями, следя за тем, чтобы цена за кВт·ч не превышала 0,16 доллара.

#### Список литературы

1. Корнеев К.А., Попов С.П. Проблемы формирования энергетической политики Японии // *Энергетическая политика*. № 2. 2019. С. 44–53. (дата обращения: 20.02.2023).
2. *Навстречу «зелёной» экономике: пути к устойчивому развитию и искоренению бедности – обобщающий доклад для представителей властных структур*. Москва: ЮНЕП. 2011. <https://www.unep.org/greenecomputy> (дата обращения: 20.02.2023).
3. Пипия Л.К., Дорогокупец В.С. *Энергетическая политика Японии // Серия «Наука за рубежом» Института проблем развития науки РАН*. № 60. Апрель 2017. 38 с(дата обращения: 20.02.2023).
4. [https://ru.zahn-info-portal.de/wiki/Renewable\\_energy\\_in\\_Taiwan](https://ru.zahn-info-portal.de/wiki/Renewable_energy_in_Taiwan) (дата обращения 29.03.2023).
5. <https://www.ixbt.com/news/2021/12/21/v-2025-godu-predlozhenie-zelenoj-jenergii-na-tajvane-prevysit-spros-na-78.html?ysclid=lfutohad5260037961>(дата обращения 29.03.2023).

УДК 620.92(480)

## **АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЗЕЛеноЙ» ЭНЕРГЕТИКИ В СКАНДИНАВСКИХ СТРАНАХ НА ПРИМЕРЕ ФИНЛЯНДИИ И ШВЕЦИИ**

*Еремкин Александр Иванович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция»*

*Музоваткина Анастасия Олеговна, студент*

*Акчурина Яна Ринатовна, студент*

*Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, Пенза*

---

В Финляндии в качестве источников возобновляемой энергии используют биомассу, гидроэнергию, энергию ветра и солнечное отопление. «Зеленая» энергетика в последнее время стала неотъемлемой частью развития экономической составляющей Финляндии. В ближайшем будущем Швеция собирается перейти целиком на энергию воды, солнца и ветра. Швеция – лидер в ЕС по развитию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Правительство задумалось об энергетической независимости страны – например, о том, как развивать в ней различные виды топлива.

*Ключевые слова: Финляндия, зеленая энергетика, песчаная батарея, выбор поставщика энергии, солнечная электростанция, альтернативное топливо, биомасса, гидроэнергетика, солнечное отопление, возобновленные источники энергии, Швеция, атомные электростанции, биоэнергия, развитие рынка.*

Доля возобновляемой энергии в Финляндии превышает 30%, а впереди по производству этой энергии только Норвегия, Исландия и Швеция. Все больше финнов выбирают энергию, не загрязняющую природу.

Финляндия – демократическая и рыночная страна. Настолько, что здесь выбирают не только парламент и марку молока в магазине, но и поставщика энергии для своего дома.

Сейчас доступно 3 онлайн-калькулятора для выбора энергопакетов от разных компаний, но поменять можно только треть полученной цены, остальное – цена за доставку и налог на электроэнергию. Например, если у вас есть собственный дом с электрическим отоплением, разница может быть заметной – до нескольких сотен евро в год.

Анализ развития энергетике показал, что производство возобновляемой энергии в Финляндии быстро растет. Первые гидроэлектростанции на финских порогах появились еще в конце 19 века, но они продолжают развиваться и сегодня, в последние годы также ускоренными темпами строятся ветряные и солнечные станции.

В марте 2022 года открыли крупнейшую солнечную электростанцию в Хельсинки, а в прошлом году над районом Сало Мярюнуумми возвышались три 140-метровые башни, вращающие лопасти с размахом крыльев больше футбольного поля.

Группа финских инженеров установила на электростанции Ватаянкоски в Канкаанпяа песчаную батарею, которая хранит избыточную «зеленую» энергию.

Батарея работает следующим образом: электроэнергия, вырабатываемая солнечными панелями и «ветряками», хранится в песчаных батареях. Песчаная батарея представляет собой бункер, в котором хранится 100 тонн строительного песка. Электричество нагревает песок до 500 °С. Песок также нагревает воздух, который циркулирует внутри камеры с помощью теплообменника. Для обогрева помещения горячий воздух из песочного аккумулятора нагревает воду, поступающую в систему центрального отопления. Песок долго нагревается, но и долго остывает. Таким образом, батарея может сохранять теплоту в течение нескольких месяцев.

По словам авторов проекта, из Polar Night Energy, технологию можно легко расширить и использовать в том числе и в промышленном производстве.

Далее более подробно рассмотрим способы получения «зеленой» энергии в Финляндии. Первым крупнейшим источником возобновляемой энергии является биомасса.

Финляндия является одной из ведущих стран по использованию биомассы для производства энергии: доля биоэнергии составляет 20% от общего потребления первичной энергии. Высокая доля биомассы в производстве энергии обусловлена обширными лесными ресурсами страны и высококоразвитой лесной и бумажной промышленностью. Большая часть территории (68%) покрыта бореальными хвойными лесами. На деревообрабатывающую и бумажную промышленность приходится почти две трети всего промышленного потребления энергии, но она также является крупным производителем возобновляемой энергии. Большая часть жидких и твердых промышленных древесных отходов перерабатывается для производства энергии, что составляет 20% потребления первичной энергии в Финляндии. Таким образом, деревообрабатывающая и бумажная промышленность в значительной степени энергонезависимы.

Биомасса широко используется в качестве топлива для производства электроэнергии, ТЭЦ и централизованного теплоснабжения. Фактически Финляндия является одним из мировых лидеров по использованию ТЭЦ. Используются как возобновляемые, так и ископаемые виды топлива. Крупнейшая в мире биоэлектростанция мощностью 265 МВт расположена в Пьетарсаари, Финляндия. Древесина также используется непосредственно для отопления.

Вторым по величине источником возобновляемой энергии после биоэнергетики является гидроэнергетика, большая часть которой приходится на крупномасштабное производство (90%).

В Финляндии много старых плотин и заброшенных небольших гидроэлектростанций, которые когда-то служили источниками энергии для мельниц и лесопильных заводов. Поэтому есть потенциал для увеличения мелкосерийного производства. В более широком масштабе остаются некоторые потенциально необитаемые районы.

В данной стране относительно низкое производство энергии ветра по сравнению с другими скандинавскими странами. Только 1,3% электроэнергии в 2014 году было произведено за счет энергии ветра. По оценкам VTT, в 2007 году национальная мощность составляла 107 МВт и быстро росла, отчасти благодаря 40% государственных субсидий на инвестиционные затраты, льготному налогообложению и другим субсидиям. На холмах Лапландии и в прибрежных районах выявлены основные потенциалы энергии ветра. Существует также местная промышленность, производящая ветряные турбины и их компоненты.

«Зеленая» энергия также включает в себя солнечное отопление. Цель солнечного отопления – коллектор площадью 163 000 м<sup>2</sup> (1995–2010 гг.). В 2006 году рабочая площадь коллектора составляла 16 493 м<sup>2</sup>. Солнечная теплота в Финляндии составляло (1997–2004 гг.) 4–5 ГВтч и (2005 г.) 6 ГВтч. Таким образом, страна достигла 10% своего целевого показателя за 11 лет (1995–2010 гг.). Солнечное отопление не было конкурентоспособным из-за дешевых альтернатив (электричество, мазут и центральное отопление) и отсутствия вспомогательных систем.

Обратимся к другой скандинавской стране и на ее примере рассмотрим их подход к «зеленой» энергетике.

В ближайшем будущем Швеция собирается перейти целиком на энергию воды, солнца и ветра. Швеция – лидер в ЕС по развитию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Например, в 2021 году больше половины всего электричества в стране было произведено на гидроэлектростанциях, в ветропарках или путем использования биомассы. А к 2040 году Швеция собирается совсем отказаться от ископаемого топлива.

В Швеции почти нет своих нефти и газа. Небольшие нефтяные месторождения были обнаружены в районе острова Готланд, но экономического смысла в их разработке не было, скромные запасы угля тоже не добываются.

Поэтому до 1970-х страна практиковала в основном импорт энергоносителей, пока грянувший в 1973 году нефтяной кризис, а с ним и резкий скачок цен не поставили экономику Швеции в неудобное положение – которое пошло ей на пользу. Правительство задумалось об энергетической независимости страны – например, о том, как развивать в ней различные виды топлива.

Началось все с активного строительства гидро- и атомных станций. Сейчас ГЭС и АЭС дают около 80% энергобаланса страны, в Швеции работают 10 атомных реакторов. Ситуация вокруг атомной энергетики в Швеции традиционно очень непростая, ее регулярно критикуют.

Начиная с 90-х Швеция стала больше обращать внимание на возобновляемую энергетику – прежде всего, помощь ветра и солнца.

Поддержка для ветра и солнца

В 2021 году доля ветротурбин в выработке электричества в Швеции составляла 17%. Как же власти мотивировали бизнесменов строить ветропарки, а жителей – устанавливать. Во-первых, оплата за углерод. Швеция стала одной из первых стран, которая опробовала углеродный налог. Каждое предприятие платит определенную сумму за сжигаемый литр ископаемого топлива. Частные потребители так же платят налог в форме надбавки, прикрепленной к цене бензина. И наоборот: сжигание топлива из источников, относимых к «зеленой» энергетике, налогами не облагается.

Во-вторых, дополнительные налоговые преимущества. Сектор ветряной энергии и сектор солнечной энергии обладают в Швеции впечатляющими льготами. Например, производители солнечной энергии освобождены почти от всех налогов.

В-третьих, «зеленые сертификаты». Рассмотрим ветроэлектростанцию в этом случае за каждый выработанный вашим ветряком энергию вы получаете сертификат, который вы можете перепродать. А интересен этот сертификат крупным энергетическим компаниям или серьезным промышленным потребителям энергии, которые по законам и правилам Швеции должны регулярно снижать выбросы парниковых газов.

Данная скандинавская страна готовит полный переход на «зеленую» энергетику к 2040 году. Правительство разработало программу трансформации отрасли с учетом 100% использование ВИЭ. Переход предусматривает несколько сценариев развития. Они отличаются разной степенью использования разных видов зеленой генерации.

Увеличение исходной мощности возобновляемых источников энергии и предстоящие проекты в стране, вероятно, будут развивать «зеленую» энергетику шведского рынка.

Одно из самых больших возобновляемых источников – гидроэнергетика. Она оставалась основным источником выработки электроэнергии в Швеции в 2021 году и, вероятно, будет доминировать на рынке.

Но из-за зрелости гидроэнергетического сектора страны многие шведские плотины уже отработали значительную часть своего расчетного срока службы. Из-за опасений по поводу безопасности плотин многие операторы гидроэлектростанций вложили средства в реконструкцию и укрепление старых плотин.

Например, в марте 2021 года Fortrum Oyj, крупнейшая компания по сбыту электроэнергии в Швеции, объявила о планах инвестировать почти 45 миллионов евро в реконструкцию 100-летней гидроэлектростанции Форшувуд. Fortrum сотрудничает со шведской строительной компанией NCC в этом проекте, и проект, который, как ожидается, будет завершен к 2025

году, будет состоять из совершенно новой электростанции, а также модернизации дополнительной плотины.

Кроме того, для повышения надежности энергоснабжения многие владельцы электростанций в Швеции добавляют аккумуляторные системы хранения энергии для хранения избыточной энергии в периоды высокой производительности.

Поэтому, несмотря на отсутствие новых крупномасштабных гидроэнергетических проектов, модернизация, реконструкция и расширение существующих гидроэлектростанций, а также интеграция аккумуляторных систем накопления энергии для хранения избыточной энергии на гидроэлектростанциях, вероятно, будут стимулировать рынок в течение прогнозируемого периода.

#### Лесное хозяйство

Крупнейшим источником биоэнергии в Швеции является лес. Здесь больше лесов, чем в большинстве других стран, больше 60% земного покрова. Биоэнергия в основном используется для отопления, как и частного сектора, так и в централизованного теплоснабжения, а также для электроэнергии промышленных процессов.

Таким образом, ожидается, что растущий спрос на новую энергию и инициативы правительства по достижению целей в области возобновляемых источников энергии будут стимулировать развитие шведского рынка возобновляемых источников энергии в течение прогнозируемого периода.

«Зеленая» энергетика в последнее время стала неотъемлемой частью развития экономической составляющей стран. На примере Финляндии, Швеции и других стран мы видим большой скачок в развитии и внедрении новых технологий в традиционные способы производства энергии. Данный подход является актуальным и для ряда регионов России.

#### **Список литературы**

1. <https://finland.fi/ru/biznes-i-innovatsii/v-finlyandii-vybirayut-zelenuyu-energiyu/> (дата обращения 22.02.23).
2. [https://ru.abcdef.wiki/wiki/Renewable\\_energy\\_in\\_Finland?ysclid=leu1uvsbpp696574779](https://ru.abcdef.wiki/wiki/Renewable_energy_in_Finland?ysclid=leu1uvsbpp696574779) (дата обращения 22.02.23).
3. <https://trends.rbc.ru/trends/green/62d843029a79478d6e1b719c> (дата обращения 22.02.23).
4. <https://newizv.ru/news/2021-09-25/zelenaya-byl-strany-skandinavii-uzhe-zhivut-na-ekologicheski-chistoy-energii-335582?ysclid=lfutqfk7kw926710507> (дата обращения 29.03.2023).
5. <https://ru.sweden.se/klimat/energetika/kak-prozhit-bez-nefti> (дата обращения 29.03.2023).

УДК 691.335:691.327.332

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЯЧЕИСТОГО ГЕОПОЛИМЕРНОГО БЕТОНА, ИЗГОТОВЛЕННОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПОКИ

*Ерошкина Надежда Александровна, доцент, канд. техн. наук, доцент  
кафедры ТСМиД*

*Коровкин Марк Олимпиевич, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры  
ТСМиД*

*Саденко Сергей Михайлович, профессор, канд. техн. наук, профессор  
кафедры ТСМиД*

*Тарасов Алексей Алексеевич, студент технологического факультета*

*Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, Пенза*

---

Приведены результаты исследования геополимерного ячеистого бетона, изготовленного с применением двухкомпонентного вяжущего на основе доменного гранулированного шлака и измельченной до высокой удельной поверхности опоки. Установлено, что прочность полученного бетона с плотностью менее  $500 \text{ кг/м}^3$  не соответствует требованиям ГОСТ на ячеистый бетон. В то же время полученный материал с плотностью более  $500 \text{ кг/м}^3$  имеет удовлетворительные характеристики. Предложен механизм объясняющий снижение прочности исследованного ячеистого геополимерного бетона при снижении его плотности.

*Ключевые слова: геополимер, ячеистый бетон, доменный гранулированный шлак, опока, плотность прочность.*

Геополимерные вяжущие рассматриваются в качестве материала способного во многих случаях заменить портландцемент при производстве бетонов общестроительного и специального назначения [1]. К основным преимуществам этого нового вида вяжущих относят возможность использования в качестве сырья шлаков, зол и промышленных отходов алюмосиликатного состава, которые в процессе образования подвергались высокотемпературному воздействию. Эта особенность образования сырьевых материалов, используемых для получения геополимеров, позволяет исключить обжиг из технологии их производства. Кроме того, по отдельным показателям, таким как, например, стойкость к некоторым видам коррозии, бетоны на основе геополимерных вяжущих [2] превосходят портландцементные бетоны.

Производство ячеистых бетонов относится к числу перспективных направлений применения геополимерных вяжущих. В технологии этих видов бетона в качестве сырья используются преимущественно доменные гранулированные шлаки и золы уноса ТЭС. Результаты исследований [3] показывают, что частичное замещение этих материалов осадочной горной породой – диатомитом, позволяет изменить микроструктуру геополимерного ячеистого бетона и повысить его прочность.

Нами были проведены исследования тонкозернистого ячеистого бетона на основе двухкомпонентного вяжущего, состоящего из опоки и доменного шлака в соотношении 2:1. Опока – широко распространенная кремневая осадочная горная порода, сложенная опалом. Для некоторых месторождений различных полезных ископаемых опока слагает значительные по толщине вскрышные слои. В связи с этим рациональное использование этой горной породы является актуальной научно-технической задачей.

Для проведения исследований был использован доменный гранулированный шлак производства ПАО «НЛМК» и опока пензенского месторождения, которые измельчались до удельной поверхности 360 и 1140 м<sup>2</sup>/кг, соответственно.

В качестве активатора твердения вяжущего применялось жидкое стекло с плотностью 1260 кг/м<sup>3</sup> и силикатным модулем 1,5 в количестве 15% (в пересчете на сухое вещество) от массы двухкомпонентного вяжущего.

Для получения пористой структуры бетона в состав бетонной смеси вводилась алюминиевая пудра ПАП-1 в количестве 0,3-0,6% от массы бетонной смеси. За счет варьирования расхода газообразователя регулировалось вспучивание смеси и плотность получаемого газобетона. Для повышения интенсивности газовыделения в смесь вводилась гидратная известь в количестве 0,2-0,4 %.

Приготовленная бетонная смесь заливалась в формы для изготовления образцов кубической формы с размером ребра 100 мм. Изготовленные образцы выдерживались в формах в течение 14 часов во влажных условиях при комнатной температуре, а затем подвергались тепловлажностной обработке по режиму: нагрев до температуры 80°С – 2 часа, изотермическая выдержка – 8 часов, остывание в камере до 30°С – 15 часов. Вспученные образцы выдерживались в лаборатории в течение 4 часов, после чего определялись их размеры, масса и прочность при сжатии.

Установлено, что добавка извести повышает коэффициент вспучивания ячеистой бетонной смеси, но при этом значительно загущается смесь и сокращается продолжительность ее жизнеспособности, а также снижается прочность на 20-30 % в сравнении с ячеистыми бетонами без этой добавки при сопоставимых значениях плотности. В связи с этим применение извести в технологии геополимерных ячеистых бетонов нецелесообразно.

В составах без извести были получены ячеистые бетоны с плотностью 355-525 кг/м<sup>3</sup>. Прочность этих бетонов находилась в интервале от 0,24 до 1,32 МПа и зависела от их плотности, однако эта зависимость несколько отличается от зависимости, построенной по требованиям к прочности и плотности в ГОСТ 25485 (рисунок 1).

Анализ графиков на рисунке 1 показывает, что уровень прочности полученных геополимерных ячеистых бетонов при плотности менее 500 кг/м<sup>3</sup> ниже, указанных в ГОСТ 25485 прочностных показателей для бетонов с плотностью 300-500 кг/м<sup>3</sup>.

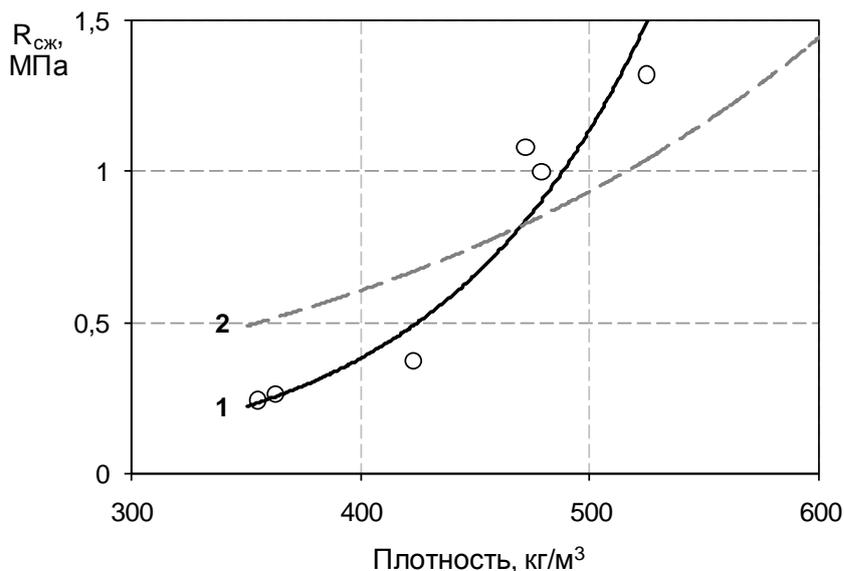


Рисунок 1. Усредненные зависимости прочности ячеистых бетонов от их плотности для исследованных составов (1) и для безавтоклавных бетонов по данным ГОСТ 25485 (2)

В тоже время данные на рисунке 1 позволяют сделать вывод о том, что при плотности 470 кг/м<sup>3</sup> и выше прочность исследованных бетонов превышает требования ГОСТ.

Эту особенность зависимости прочности исследованного геополимерного ячеистого бетона можно объяснить отличием микроструктуры межпоровых перегородок. В работе [4] установлено, что в неорганических ячеистых материалах при снижении их плотности возрастает влияние на прочность соотношения толщины межпоровых перегородок и размера частиц вяжущего и заполнителя.

В связи с высокой удельной поверхностью опоки можно предположить, что ее отдельные частицы не могут оказывать негативного влияния на прочность ячеистого бетона по указанному механизму. Однако при использовании в качестве жидкости затворения вязкого раствора жидкого стекла, дисперсные частицы опоки могут образовывать конгломераты, размеры которых многократно превышают размеры отдельных частиц. Прочность таких конгломератов намного меньше прочности окружающего их геополимерного камня. Эти образования будут оказывать негативное влияние на прочность геополимерного камня в межпоровых перегородках. Для подтверждения этого механизма снижения прочности необходимо проведение исследования структуры геополимерного камня, полученного с применением высокодисперсного порошка опоки, методами оптической микроскопии.

В качестве перспективного способа повышения характеристик исследованного геополимерного бетона можно рассматривать увеличение дисперсности шлака [5], что может повысить прочность и темпы твердения геополимерного бетона.

#### **Список литературы**

1. *Ерошкина, Н.А. Геополимерные строительные материалы на основе промышленных отходов: моногр. / Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин. – Пенза: ПГУАС, 2014 – 128 с.*
2. *Ерошкина, Н. А. Сернокислотная коррозия геополимерных бетонов с минеральными добавками на основе отходов / Н. А. Ерошкина, М. Ю. Чамурлиев, М. О. Коровкин // Транспортные сооружения. – 2019. – Т. 6, № 3. – С. 25.*
3. *Liguori, V. Hybrid geopolymeric foams with diatomite addition: effect on chemico-physical properties / V. Liguori, I. Capasso, V. Romeo, M. D Auria, M. Lavorgna, D. Caputo, S. Iannace, L. Verdolotti // Journal of Cellular Plastics. 2017. Vol. 53, N.5. P. 525-536.*
4. *Чернышов, Е.М. Особенности строения, закономерности деформирования и разрушения высокопоризованных неорганических композитов / Е.М Чернышов, Е.И. Дьяченко, Ю.А. Неупокоев // Материалы Шестых академических чтений: современные проблемы строительного материаловедения. – Иваново, 2000. – С. 572 – 580.*
5. *Ерошкина, Н.А. Минерально-щелочные вяжущие / Н.А. Ерошкина, В.И. Калашиников, М.О. Коровкин // Пенза: ПГУАС, 2012. 152 с.*

УДК 004.04

## ОБНАРУЖЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СЛЕДОВ ПРЕСТУПЛЕНИЙ

*Зауголков Игорь Алексеевич, доцент, канд. тех. наук, доцент кафедры математического моделирования и информационных технологий*

*Копылов Артем Александрович, магистрант*

*Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Тамбов*

*Исаева Ольга Вячеславовна, доцент, канд. хим. наук, доцент кафедры физики*

*Тамбовский государственный технический университет», Тамбов*

В работе разработан программно-методический комплекс по овладению навыками выявления информационных следов, нарушающих законодательство Российской Федерации. Проанализирован веб-браузер с помощью специализированного программного обеспечения. Подробно изложена методика использования программы «Browser History Examiner».

*Ключевые слова: информационная безопасность, программно-методический комплекс, компьютерно-техническая экспертиза.*

С развитием информационных технологий развивается и возрастает сложность программных и аппаратных средств, которые в руках злоумышленников могут быть очень опасными. Стремительное развитие и совершенствование информационных технологий уже сегодня порождает и новые способы совершения и сокрытия преступлений. Информационные системы все чаще становятся не только объектом преступного посягательства, но и сами используются в качестве орудия совершения разнообразных преступлений, оставляя при этом своеобразные «информационные» следы, которые необходимо исследовать. Подобные исследования требуют специальных инженерных знаний в области компьютерных систем и компьютерной информации и проводятся в рамках судебной компьютерно-технической экспертизы (КТЭ).

КТЭ является классом инженерно-технических экспертиз, проводимых в целях поиска криминалистически значимой информации на носителях, ее всестороннего исследования, и, как следствие, получения доказательственной информации и установления фактов, имеющих значение для уголовных, гражданских и административных дел, сопряженных с использованием компьютерных технологий. Для проведения КТЭ разработан программно-методический комплекс (ПМК) по овладению навыками выявления информационных следов, нарушающих законодательство Российской Федерации.

**VI Национальная научно-практическая конференция «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА»**

Для решения задачи по созданию ПМК были проанализированы правонарушения, связанные с использованием электронных средств; продемонстрирован программный способ обхода парольной защиты при входе в операционную систему Windows; реализовано клонирование исследуемого жесткого диска; предложен программный метод восстановления и анализа удаленных данных; проанализирован веб-браузер с помощью специализированного программного обеспечения.

На сегодняшний день использование электронных (цифровых) доказательств является привычным делом в судопроизводстве. Данный вид доказательств попадает под определение ст. 74 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации и является одним из видов доказательств, используемых в суде. В таблице 1 представлены наиболее часто встречающиеся правонарушения Российской Федерации, в которых, так или иначе, задействованы электронные средства (таблица 1) [1-3].

Таблица 1

*Примеры правонарушений, связанных с использованием электронных средств*

Номер статьи	Название статьи
ст. 242.1 УК РФ	Изготовление и оборот материалов или предметов с порнографическими изображениями несовершеннолетних
ст. 272 УК РФ	Неправомерный доступ к компьютерной информации
ст. 273 УК РФ	Создание, использование и распространение вредоносных компьютерных программ
ст. 274 УК РФ	Нарушение правил эксплуатации средств хранения, обработки или передачи компьютерной информации и информационно-телекоммуникационных сетей
ст. 6.8 КоАП РФ	Незаконный оборот наркотических средств, психотропных веществ или их аналогов и незаконные приобретение, хранение, перевозка растений, содержащих наркотические средства или психотропные вещества, либо их частей, содержащих наркотические средства или психотропные вещества
ст. 20.29 КоАП РФ	Производство и распространение экстремистских материалов

Для того чтобы получить доступ к информации находящейся на персональном компьютере злоумышленника, первоначально необходимо обойти штатную защиту компьютера, которая представлена в виде пароля на вход в учетную запись Windows. Одним из возможных подходов получения доступа в учетную запись Windows является использование специализированных утилит. Одной из таких утилит является Reset Windows Password [4].

Forensic Toolkit Imager (FTK Imager) – программное обеспечение, используемое в компьютерной криминалистике в рамках судебной экспер-

тизы. FTK Imager позволяет производить просмотр и клонирование различных носителей данных в ОС Windows. К основным возможностям FTK Imager можно отнести следующее:

Восстановление удаленных данных с различных носителей информации является одним из основных этапов проведения компьютерной криминалистики. Актуальность данного этапа обуславливается тем, что в ходе проведения экспертизы эксперту удается полностью (или частично) восстановить информацию, хранящуюся на цифровом носителе, что в свою очередь является элементом доказательственной базы в суде.

Однако стоит отметить, что восстановление информации происходит с помощью специализированных программных средств. Одним из таких программных средств является «Autopsy».

В ходе работы был создан состоящий из «подозрительных» слов словарь, который был использован для анализа собранных данных. С помощью данного словаря можно найти записи, содержащая запрещенный материал, попадающий под действие одной из статей УК РФ.

Одним из этапов проведения КТЭ – подробный анализ информации из веб-браузера (интернет-браузеры собирают и хранят различные данные о своем пользователе). Для этой задачи использовалось специализированное программное обеспечение «Browser History Examiner» [5].

Запуск программы «Browser History Examiner» начинается со стартового меню программы. Начиная новый проект, в стартовом меню в правой части экрана указываются необходимые параметры (времени и даты), а также выбираются интересующие браузеры. После задания необходимых параметров, открывается вкладка «File» и выбирается «Capture History». Следующий шаг – выбор записи истории проверяемого компьютера «Capture history from this computer». В открывшемся окне программы выбирается необходимый пользователь, исследуемый браузер и данные, необходимые для извлечения. В разделе «Destination» выбирается директория для сохранения отчета и нажимается «Capture». Запускается процесс сбора данных с локальной машины. Если процесс сбора данных прошел успешно, программа спрашивает разрешение на выведение полученных данных на главный экран. В разделе «Website Visits», открывается подробная таблица с посещенными сайтами, также внизу имеется временная диаграмма активности серфинга (рисунок 1).

В разделе «Searches» отображаются запросы, заданные когда-либо пользователем. Как видно из таблицы, пользователь интересуется информацией для совершения правонарушения (рисунок 2).

В разделе «Downloads» можно увидеть загруженные ранее пользователем файлы из веб-браузера (рисунок 3).

Программой было установлено, что пользователь данного браузера интересуется информацией для совершения правонарушения. Также было выявлено, что этот же пользователь переходит по найденным сайтам.

# VI Национальная научно-практическая конференция «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА»

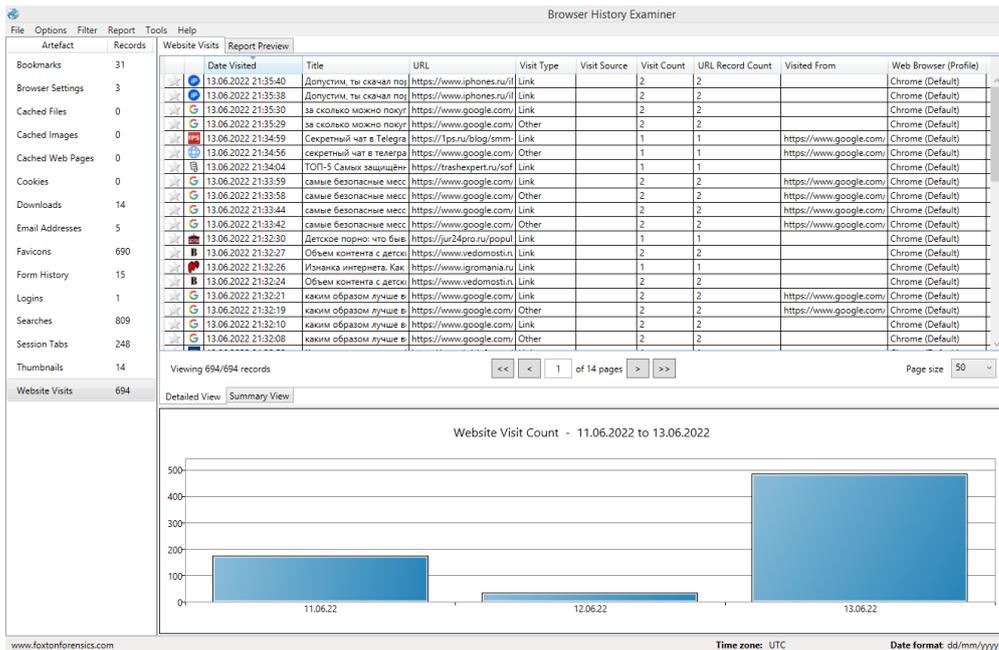


Рисунок 1. Таблица посещенных сайтов

The screenshot shows the 'Searches' section of Browser History Examiner. It contains a table with columns for Date Searched, Search Terms, Search Engine, URL, Source, and Web Browser. The search terms are related to downloading and cracking Netanalysis software.

Date Searched	Search Terms	Search Engine	URL	Source	Web Brow
13.06.2022 21:35:30	за сколько можно покупать (продавать) детское порно	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%B7%D0%	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 21:35:30	за сколько можно покупать (продавать) детское порно	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%B7%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:35:29	за сколько можно покупать (продавать) детское порно	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%B7%D0%	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 21:34:56	секретный чат в телеграм	Google	https://www.google.com/search?q=%D1%81%D0%	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 21:34:56	секретный чат в телеграм	Google	https://www.google.com/search?q=%D1%81%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:33:59	самые безопасные мессенджеры для обмена файлами	Google	https://www.google.com/search?q=%D1%81%D0%	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 21:33:59	самые безопасные мессенджеры для обмена файлами	Google	https://www.google.com/search?q=%D1%81%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:33:58	самые безопасные мессенджеры для обмена файлами	Google	https://www.google.com/search?q=%D1%81%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:33:44	самые безопасные мессенджеры	Google	https://www.google.com/search?q=%D1%81%D0%	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 21:33:44	самые безопасные мессенджеры	Google	https://www.google.com/search?q=%D1%81%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:33:42	самые безопасные мессенджеры	Google	https://www.google.com/search?q=%D1%81%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:32:21	каким образом лучше всего продавать детское порно	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%BA%D0%	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 21:32:21	каким образом лучше всего продавать детское порно	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%BA%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:32:19	каким образом лучше всего продавать детское порно	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%BA%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:32:10	каким образом лучше всего продавать детское порно	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%BA%D0%	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 21:32:10	каким образом лучше всего продавать детское порно	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%BA%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:32:08	каким образом лучше всего продавать детское порно	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%BA%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:30:50	купить наркотики	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%BA%D1%	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 21:30:50	купить наркотики	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%BA%D1%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:30:48	купить наркотики	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%BA%D1%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:29:59	за что можно в интернете присесть	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%B7%D0%	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 21:29:59	за что можно в интернете присесть	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%B7%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:29:57	за что можно в интернете присесть	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%B7%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:11:41	гражданский кодекс часть 4 консультант плюс	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%B3%D1%	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 21:11:41	гражданский кодекс часть 4 консультант плюс	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%B3%D1%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 21:11:35	гражданский кодекс часть 4 консультант плюс	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%B3%D1%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 19:56:53	Для заедствования данной функции	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%94%D0%	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 19:56:53	Для заедствования данной функции	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%94%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 19:56:52	Для заедствования данной функции	Google	https://www.google.com/search?q=%D0%94%D0%	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 17:28:40	netanalysis download crack	Google	https://www.google.com/search?q=netanalysis+dc	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 17:28:40	netanalysis download crack	Google	https://www.google.com/search?q=netanalysis+dc	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 17:28:39	netanalysis download crack	Google	https://www.google.com/search?q=netanalysis+dc	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 17:28:15	Netanalysis v1 download	Google	https://www.google.com/search?q=Netanalysis+v1	Chrome History	Chrome (C
13.06.2022 17:28:15	Netanalysis v1 download	Google	https://www.google.com/search?q=Netanalysis+v1	Website Visit	Chrome (C
13.06.2022 17:28:14	Netanalysis v1 download	Google	https://www.google.com/search?q=Netanalysis+v1	Website Visit	Chrome (C

Рисунок 2. Раздел «Searches»

The screenshot shows the 'Downloads' section of Browser History Examiner. It contains a table with columns for URL, Local Path, State, Start Time, End Time, Bytes Downloaded, Total Bytes, and Web Browser (Profile). The downloaded files are related to Netanalysis software and various documents.

URL	Local Path	State	Start Time	End Time	Bytes Downloaded	Total Bytes	Web Browser (Profile)
https://vk.com/doc117808	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	13.06.2022 15:06:57	13.06.2022 15:06:57	66346	66346	Chrome (Default)
https://vk.com/doc117808	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	13.06.2022 15:06:49	13.06.2022 15:06:50	66346	66346	Chrome (Default)
https://studention.alta	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	13.06.2022 14:59:05	13.06.2022 14:59:07	290816	290816	Chrome (Default)
file://C:\Users\%D0%90%	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	13.06.2022 14:28:27	13.06.2022 14:28:28	2994	2994	Chrome (Default)
https://softstalgia.ru/app	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	13.06.2022 11:07:23	13.06.2022 11:10:52	488385320	488385320	Chrome (Default)
https://www.nirsoft.net/lan	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	13.06.2022 10:16:30	13.06.2022 10:16:32	186718	186718	Chrome (Default)
https://desktopuserapi.co	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	13.06.2022 10:00:44	13.06.2022 10:01:07	52459312	52459312	Chrome (Default)
https://telegram.org/di/de	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	13.06.2022 09:36:03	13.06.2022 09:36:35	35896916	35896916	Chrome (Default)
https://download.mozilla.c	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	13.06.2022 08:18:00	13.06.2022 08:18:02	348800	348800	Chrome (Default)
about:blank	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	13.06.2022 08:08:57	13.06.2022 08:09:52	9273968	9273968	Chrome (Default)
blob:https://mega.nz/cde3	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	11.06.2022 19:49:53	11.06.2022 19:49:57	45107182	45107182	Chrome (Default)
https://psprogs.net/index	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	11.06.2022 07:19:08	11.06.2022 07:19:28	49028382	49028382	Chrome (Default)
https://s7-af-file.xyz/down	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	11.06.2022 06:59:01	11.06.2022 06:59:17	20626742	20626742	Chrome (Default)
https://fileload.xyz/noload2	C:\Users\ApreM\Downloac	Complete	11.06.2022 06:43:54	11.06.2022 06:45:03	20980095	20980095	Chrome (Default)

Рисунок 3. Раздел «Downloads»

Разработанный программно-методический комплекс по выявления информационных следов, нарушающих законодательство Российской Федерации, включает в себя все ранее рассмотренные программы. Позволяет в автоматическом режиме анализировать содержимое цифровых носителей информации и тем самым экономить время.

#### Список литературы

1. «Уголовный кодекс Российской Федерации» от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 18.03.2023) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_10699/5c337673c261a026c476d578035ce68a0ae86da0](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/5c337673c261a026c476d578035ce68a0ae86da0).
2. КоАП РФ Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34661/8c58af8ec7516f0ddf1334e950f3a60ea525ca28](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/8c58af8ec7516f0ddf1334e950f3a60ea525ca28).
3. Баранов О.А. База угроз безопасности информации и средств их блокирования/ И.А. Зауголков, О.В. Исаева// Информатика: проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XVIII международной научно-методической конференции: в 7 томах. Под ред. Н. А. Тюкачева; Воронежский государственный университет. 2018.-С. 44-49.
4. Reset Windows Password User Guide [Электронный ресурс]. - режим доступа: [https://www.passcape.com/reset\\_windows\\_password\\_screenshots\\_rus](https://www.passcape.com/reset_windows_password_screenshots_rus).
5. Browser History Examiner [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.foxtonforensics.com/browser-history-examiner>.

УДК 004

## **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ЭКСПАНСИЯ ПО ЭКСПОНЕНТЕ**

*Зиятдинов Марат Зуфарович, магистрант кафедры «Банковские информационные технологии»*

*Московский физико-технический институт (МФТИ), Москва*

---

Приведены графики роста числа научных публикаций по тематике искусственного интеллекта за период с 2015 по 2021 годы. Отмечена экспансия нейросетевого программирования во все области знания, все сферы экономики и все отрасли промышленности на всех структурно-иерархических уровнях организации социума. Отмечена независимость включенности индивида в социум человека от места его пребывания: начиная с 2008 года более половины выходов в интернет выполняется с мобильных гаджетов. Показано уплотнение событий во времени: то, что происходило в течение десятилетия докомпьютерной эпохи, в современных реалиях умещается в годовой отрезок времени.

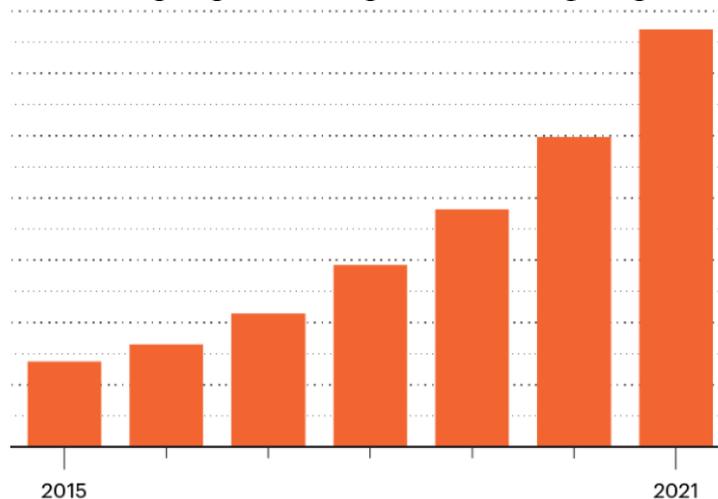
*Ключевые слова: нейросети, дата-сети, квантовые компьютеры, машинное обучение, вычислительные системы, цифровизация, мобильный интернет, компьютерные технологии, искусственный интеллект, точка сингулярности, нейросетевое программирование, векторизация изображений.*

Президент России В.В. Путин на состоявшейся 1 сентября 2017 г. в Ярославле встрече с российскими школьниками и студентами заявил, что «искусственный интеллект – это будущее не только России, это будущее всего человечества. Здесь колоссальные возможности и трудно прогнозируемые сегодня угрозы... тот, кто станет лидером в этой сфере, будет властелином мира» [1]. В этих словах выражена квинтэссенция преимуществ, которые дает искусственный интеллект (ИИ). Конкуренция между экономически развитыми странами детерминирует стремительное развитие компьютерных технологий. В нашей стране принята система преференций для IT-компаний и их сотрудников: отсрочка работников от призыва в армию и предоставление им льготной ипотеки, налоговые послабления фирмам-разработчикам программного обеспечения и др.

На рисунке 1 отобран экспоненциальный рост числа научных публикаций (в ведущих научных журналах технологически развитых стран) по тематике искусственного интеллекта: ежегодное приращение количества статей постоянно увеличивается, чем больше значение, тем больше его прирост. В 2021 г. число опубликованных работ в 5 раз превысило показатель 2015 года. Представленная на диаграмме динамика в реальности может быть на порядки, в 10, 100 и 1000 раз больше, так как многие исследования засекречены и их результаты не подлежат опубликованию, особенно в военно-промышленной сфере и в области новейших высоких технологий.

Экспоненциальное развитие означает перманентно растущую экспансию как по горизонтали с проникновением во все области знания, все сферы

экономики и все отрасли промышленности, так и по вертикали – охват всех структурно-иерархических ступеней организации социума, от низшего звена, например малых предприятий и муниципальных организаций до крупных холдингов и корпораций и организаций федерального уровня [2].



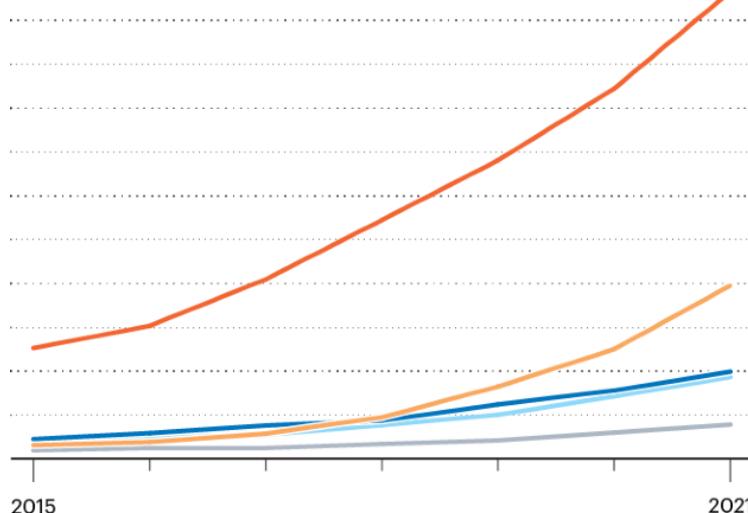
*Рисунок 1. Экспоненциальный рост количества публикаций в научных журналах об искусственном интеллекте [2]*

На сегодняшний день ИИ задействован в распознавании образов (дешифровка космических фотоснимков, распознавание лиц и текстов и предметов по их изображениям), генерировании текстов, воспроизведении речи, решении задач в замкнутых системах с ограниченным числом данных (например, в шахматах). Развивается направление создания творческих работ в области рисунка, живописи, архитектуры, дизайна и т.д. Наиболее интенсивно ИИ внедряется в военно-промышленную сферу и космические технологии [3].

Стремительно развивается такое авангардное направление современных вычислительных систем, как квантовые компьютеры, которые, работая по двум основным принципам (спутанность и суперпозиция), «видят все и сразу», в отличие от привычных традиционных компьютеров, работающих в основном на основе перебора вариантов. Продвижение в области квантовых компьютеров позволит в будущем достичь точки сингулярности: устремляющийся в бесконечность рост технологических инноваций в кратчайшие периоды времени [4].

Задача распознавания объектов решается обучением компьютера осуществлять классификацию объектов по заданным характеристикам. Собирают большие базы данных, из которых формируют дата-сети (которые могут быть загружены из открытых источников или собраны разработчиками программного обеспечения самостоятельно). Комп-система загружается признаками и их комбинациями для соотнесения похожих объектов. Компьютер сортирует объекты по степени их похожести, т.е. удаленности от заданных параметров.

В авангарде исследований в области ИИ находятся США со значительным отрывом от других стран, а также Китай (догоняющий США по темпам роста числа исследований), ФРГ и Англия (рисунок 2).



*Рисунок 2. Лидирующие страны по числу научных публикаций в области ИИ. На первом места – США (верхний график): лидируют и по количеству опубликованных статей, и по темпам его роста. Второе место занимает КНР: угол наклона графика постоянно растет и становится параллельным с графиком прироста в США [2]*

Интернет распространяется также по экспоненциальной траектории. 87% населенных пунктов экономически передовых государств охвачены интернетом. В период с 2000 по 2020 год удельный вес пользователей интернета увеличился более, чем в 10 раз – с 6,5 до 71% мирового населения, и продолжает расти ускоряющимися темпами. Доля имеющих доступ в интернет домохозяйств возросла с 11% в 2005 году до 76% в 2015 году. В 2008 году впервые более 50% пользователей интернета по всему миру подключались к интернету с мобильных устройств – это означает независимость общения от места пребывания человека, его включенность в социум посредством электронных гаджетов (рисунок 3).

Компьютер трансформирует реальность, она уже никогда не будет прежней. Жизнедеятельность становится все более динамичной, один год в XXI веке эквивалентен вялотекущему десятилетию 70-х годов прошлого столетия. Сегодня бытие человека ускоренно цифровизуется. Меняется ментальное восприятие окружающей действительности: все, что протекает без применения компьютерных технологий, воспринимается как отсталое и несоответствующее требованиям сегодняшнего дня. И напротив, то, где широко используются новейшее программное обеспечение, оценивается как прогрессивное, современное и модное. Искусственный интеллект в ежемесячном, еженедельном и ежедневном режимах привносит в нашу повседневность инновации, о которых прежние поколения людей не могли и представить.

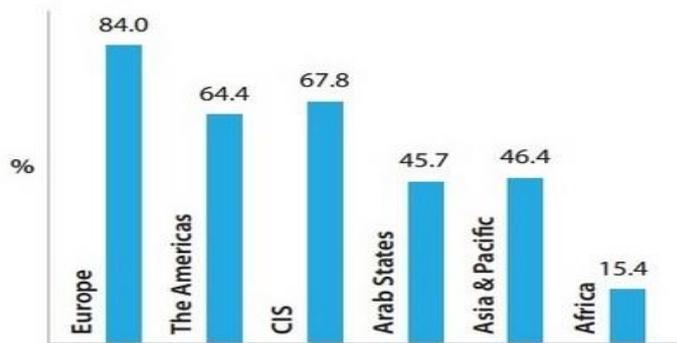


Рисунок 3. Доля домохозяйств, имеющих доступ в Интернет (2016 год). Источник: [http://www.bizhit.ru/img/mir/mse\\_dom\\_2016.jpg](http://www.bizhit.ru/img/mir/mse_dom_2016.jpg) (дата обращения 03.11.2017)

Развиваются удаленные форматы работы, в обиход вошел термин фрилансер: сотрудник, работающий, как правило, удаленно, по срочному или бессрочному контракту, и самостоятельно организующий свой труд (поиск заказчиков, оплата налогов, организация рабочего места и т.д.).

С целью «охоты за головами» заинтересованные

зарубежные организации проводят международные соревнования по решению задач на основе искусственного интеллекта. Например, в ходе участия автора статьи в одном из этапов регулярно проводимых международных соревнований Kaggle «Google Universal Image Embeddin» решалась задача обучения векторно-цифровой модели и компиляции ее в jit формат (например torch.jit с целями распознавания изображений разных классов) [5]. Участие и, тем более, занятое высокое место в соревновании считается престижным и позволяет претендовать на карьерный рост. Поэтому число конкурсантов из года в год возрастает. Лучшие студенты самых передовых вузов сразу же берутся на карандаш и отслеживаются западными конкурентами.

Экспоненциальная траектория развития искусственного интеллекта означает, что в каждую последующую единицу времени внедряется больше инноваций относительно предыдущего временного отрезка, а также приближение к точке сингулярности, после которой развитие идет близко к вертикальной траектории.

#### Список литературы

1. Лидер по созданию искусственного интеллекта станет властелином мира [Электронный ресурс] // Наука. – 1 сентября 2017. – Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/4524746> (дата обращения 03.11.2022).
2. Growth in AI and robotics research accelerates [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-022-03210-9> (дата обращения 17.12.2022).
3. Зиятдинов М.З. Алгоритм обработки больших данных для управления развитием сверхсложных систем // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2018. – № 1. – С. 210-215.
4. Аксенова Е.И. Экспертный обзор развития технологий искусственного интеллекта в России и мире. Выбор приоритетных направлений развития искусственного интеллекта в России. – Москва: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2019. – 38 с.
5. Boden M. A. (1998). Creativity and artificial intelligence. Artificial Intelligence. Volume 103, Issues 1–2, August 1998, Pages 347-356.

УДК 624.074

## **ДИСПЕРСНОЕ АРМИРОВАНИЕ РИГЕЛЕЙ С ПОДРЕЗКОЙ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСОВ**

*Комаров Виктор Александрович, канд. техн. наук, профессор кафедры «Строительные конструкции»*

*Болдырева Ольга Вячеславовна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительные конструкции»*

*Болдырев Егор Сергеевич, студент*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза*

---

Рассмотрены особенности работы бетона с дисперсным армированием стальными волокнами (сталефибробетон). Дан анализ влияния дисперсной арматуры на деформативность бетонной матрицы при изменении основных факторов структуры сталефибробетона.

*Ключевые слова:* ригели с подрезкой, трещиностойкость, дисперсное армирование.

Бетон – сложный композиционный материал, который, в связи с многокомпонентностью, обладает широким спектром уникальных свойств. Бетон применяется в различных климатических и эксплуатационных условиях, гармонично сочетается с окружающей средой, имеют практически неограниченную сырьевую базу и относительно низкую стоимость, простоту и доступность технологии, эксплуатационную надежность и экологическую безопасность.

Бетон и в будущем останется лидером среди основных конструктивных материалов в строительстве, его по праву называют материалом 21 века. Современное строительное производство требует новых конструктивных решений и конструкционных материалов, обладающих высокой надежностью, долговечностью, а также экономической целесообразностью. В связи с этим, возникает необходимость дальнейшего совершенствования строительных конструкций.

Использование дисперсного армирования в виде волокон наделяет бетон особыми свойствами и характеристиками благодаря включению волокон в работу бетонной матрицы композиционный материал – бетон, армированный фиброй (фибробетон) приобретает улучшенные показатели качества.

Дисперсное армирование осуществляется волокнами (фибрами), равномерно распределенными в объеме бетонной матрицы. Для этого используются различные виды металлических и неметаллических волокон. Номен-

клатура искусственных волокон весьма обширна, но для применения в массовом строительстве наиболее доступны – стальные, стеклянные, базальтовые, полимерные волокна.

Основные преимущества фибробетона перед обычным бетоном: более высокая прочность на сжатие, растяжение, срез – как при статических, так и при динамических воздействиях повышенную морозостойкость, истираемость. Главные же преимущества фибробетона заключаются в его исключительно высокой предельной растяжимости и, как следствие, высокой трещиностойкости, а также повышенной предельной сжимаемости, обусловивших высокую вязкость разрушения.

Упрочнение волокнами основывается на предположении, что материал бетонной матрицы передает волокнам нагрузку посредством касательных сил, действующих на поверхности раздела, и если модуль волокна больше модуля упругой матрицы, то основную долю приложенных напряжений воспринимают волокна.

Кроме эффекта стеснения деформаций имеет место качественный скачок в свойствах бетона. Он происходит тогда, когда зоны влияния армирующих волокон начинают взаимно накладываться, бетон становится «пластичным по всей толще». При этом трещины до весьма значительного уровня напряжений малы, что позволяет передачу через них напряжений.

Располагаясь в объеме бетона хаотично, фибры улучшают структуру матрицы, блокируют проявление дефектности матрицы. Фибры, в отличие от арматуры в железобетоне, действует на бетонную матрицу на гораздо большем объеме, затрудняя развитие в ней трещин.

Совершенствование отдельных элементов зданий – общепризнанная тенденция, продиктованная необходимостью повышения эксплуатационной надежности.

Проведенные ранее экспериментально-теоретические исследования ригелей с подрезкой многоэтажных каркасных зданий позволяют считать, что прочность опорных зон ригелей следует определять на основе разрушения бетона в сжатых наклонных полосах.

Основной функцией дисперсной арматуры является повышение трещиностойкости бетона опорных зон ригелей за счет повышенного и высокого сопротивления растяжению. Хаотичный характер распределения фибры по объему бетона, пронизывая его, создает подобие металлической решетки, прерывистого каркаса (разорванного объемного каркаса).

Замене обычного бетона на фибробетон в опорных зонах ригелей с регулярной стержневой арматурой придают конструкциям практически те же преимущества в качественном и количественном аспектах, что и при сравнении фибробетона и бетона.

Многочисленные исследования структуры фибробетона позволяют понять физическую основу и природу его особенностей. Можно сказать, что к настоящему времени созданы научные основы управления его свойствами

при проектировании строительных конструкций на основе оптимизации состава материала.

Исследования, проведенные в заданном направлении, включали в себя основные факторы, влияющие на сцепление арматуры с бетоном ригелей при изменении процента насыщения их фиброй; обжатие фибры в результате усадки бетона; изучение микротвердости бетона в зоне контакта арматуры с бетоном; структуру фибробетона с характеристиками плотности, объемной массы и пористости; расположение арматурных волокон, их ориентация в теле бетона в зависимости от размеров и технологии уплотнения фибробетонной смеси изготавливаемой конструкции; соотношение между параметрами фибрового армирования и параметрами неоднородностей и дефектов бетонной матрицы; оптимизацию состава фибробетонной смеси.

Анализ результатов перечисленных исследований позволил сделать следующие выводы:

- процент насыщения бетона фиброй не оказывает влияние на величину сцепления;
- сила сцепления возрастает пропорционально длине анкеровки фибры и величине выступов по фибре по длине анкеровки, т.е. пропорционально шероховатости фибры в зоне анкеровки;
- при нарушении сцепления фибры с бетоном дальнейшее нагружение исследуемых образцов приводит к продергиванию фибры либо к их обрыву;
- наличие фиброармирования изменяет свойства бетона в зонах сопряжения стальной арматуры с бетоном в зонах сопряжения стальной арматуры с бетоном путем повышения микротвердости цементного камня при наборе им прочности.

В следствии хаотического распределения фибры влияние фиброармирования этих зон, особенно при высоком содержании фибры становится весьма существенным. Прочностные показатели сталефибробетона повышаются значительно.

Важно отметить, что наличие фибры снижает суммарную проницаемость бетона, т.к. приводит к уменьшению диаметра пор. В результате повышается коррозионная стойкость фибробетона в агрессивной среде.

Анализ результатов исследований показал, что уровень эффективности фибробетона определяется основными факторами, к которым относятся: количество армирующей фибры, либо волокон, приходящихся на единицу расчетной площади поперечного сечения; расстояние между армирующей фиброй, либо волокнами; а также величина поверхности контакта фибры с бетоном, приходящаяся на единицу объема материала.

При теоретической оценке работы фибробетона с трещинами представляют интерес модели, описывающие работу фибры в зоне трещины. Для описания деформируемости фибробетона под нагрузкой достаточно полной

с точки зрения учета особенностей композита с хаотически расположенными волокнами можно считать модель, основанную на известном методе усреднения жесткостей, учитывающую пространственную анизотропию свойств фибробетона. Можно использовать экспериментально-теоретические исследования деформируемости фибробетона с учетом возраста образцов.

В действующей нормативной литературе расчет конструкций из фибробетона ведется аналогично расчету железобетонных конструкций по теории предельных усилий. Физико-механические характеристики рассчитываются с использованием моделей материала, описывающих геометрическую структуру и хаотичность армирования композита.

Вывод: использование дисперсного армирования фибробетона в ригелях с подрезкой повышает эффективность конструктивных решений и обеспечивает повышенную эксплуатационную надежность.

#### **Список литературы**

1. Талантова К.В. Исследование влияния свойств стальных фибр на эксплуатационные характеристики сталефибробетонных конструкций / К.В. Талантова, Н.М. Михеев // Ползуновский вестник. – 2011. - №1. – С. 194-199.
2. Мухамедиев Т.А., Соколов Б.С. Новое в нормировании сталефибробетона и расчетах сталефибробетонных конструкций // Строительные материалы. -2017. - №4. – С. 59-64.
3. Жеребцов Ю.В., Ельшаева Д.М., Лухнева Ю.Н., Доценко Н.А., Самофалова М.С., Курасанов П.Р. и др. Влияние цецептурных факторов на прочностные свойства тяжелых сталефибробетонов. Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. т. 11. - №2. С.250-259.
4. Комаров, В.А. Экспериментальная теория сопротивления ригелей с подрезкой: монография / В.А. Комаров // М.: Спутник +, 2013. – 199 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ В САМОУПЛОТНЯЮЩЕМСЯ БЕТОНЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ**

*Коровкин Марк Олимпиевич, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМцД*

*Ерошкина Надежда Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМцД*

*Егоров Алексей Юрьевич, студент технологического факультета*

*Филатов Павел Сергеевич, студент технологического факультета*

*Филатов Данила Сергеевич, студент технологического факультета*

*Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, Пенза*

---

Исследованы свойства самоуплотняющегося бетона, изготовленного с применением продуктов дробления бетона фр. 1,25-10 мм в сравнении с бетоном на гранитном заполнителе. Установлено, что замена качественного заполнителя на продукты переработки бетонного лома в самоуплотняющемся бетоне приводит к незначительному снижению прочности. Применение вторичного заполнителя позволило получить самоуплотняющийся бетон для производства малых архитектурных форм с прочностью 47,5-52,6 МПа.

*Ключевые слова: вторичный щебень, отсев дробления бетонного лома, минеральная добавка, самоуплотняющийся бетон, малые архитектурные формы.*

Национальный проект «Жилье и городская среда» предусматривает не только увеличение объема жилищного строительства и повышение доступности жилья. Большое значение в этом проекте имеет формирование комфортной городской среды за счет благоустройства общественных территорий.

Важную роль в благоустройстве городов и других населенных пунктов играют малые архитектурные формы, к которым относят различные объекты, дополняющие общую композицию архитектурного ансамбля застройки населенного пункта: элементы монументально-декоративного оформления и садово-парковой архитектуры, устройства для различных видов озеленения, водные устройства, детское игровое, спортивно-развивающее, спортивное, осветительное оборудование, ограждения, уличная мебель и т.п.

Имеется большой опыт применения малых архитектурных форм в садово-парковой архитектуре и благоустройстве общественно значимых территорий (рисунок 1). В тоже время отмечается [1] «нехватка» этих объектов в организации городских открытых общественных пространств.

Для создания малых архитектурных форм используются различные строительные материалы: природный камень, металлы, древесина, бетон,

полимерные композитные материалы. Каждый из этих материалов имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам бетона относится большая долговечность в сравнении с древесиной и полимерными материалами и более высокая технологичность в сравнении с природным камнем.



а



б

*Рисунок 1. Малые архитектурные формы, выполненные из мелкозернистого бетона: скульптурная композиция «Семья» в сквере жилого массива, возведенного в начале 50-х годов прошлого века (а) и современные изделия для ограждения пешеходной зоны (б)*

С учетом того, что малые архитектурные формы должны обладать большой долговечностью и простотой обслуживания, [2] для создания этих объектов целесообразно использовать бетон.

В технологии этого материала в последние годы наблюдался значительный прогресс, позволивший повысить качество бетона как материала для малых архитектурных форм. К числу новых и усовершенствованных направлений относятся торкретирование, в том числе с использованием неметаллической фибры, аддитивное формование изделий и конструкций. К числу перспективных направлений совершенствования технологии бетона для создания сложных архитектурных форм относят совершенствование самоуплотняющихся бетонов [3].

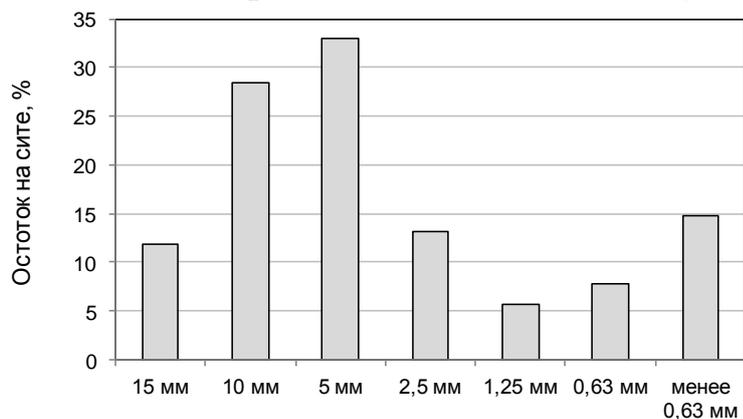
Технология самоуплотняющихся бетонов основана на совместном введении в его состав двух дополнительных компонентов – суперпластификаторов на поликарбоксилатной основе и минеральных добавок в большом объеме. Высокоэффективные суперпластификаторы обеспечивают текучесть цементного теста при низком водовяжущем отношении, а минеральные добавки частично замещают объем заполнителя, снижая контактное

взаимодействие между его частицами, что обеспечивает текучесть бетонной смеси.

Сочетание суперпластификаторов на поликарбоксилатной основе с минеральными добавками позволяет по данным [4] снизить водоцементное отношение до 0,24-0,28 и получить сверхтекучие бетонные смеси, а на основе этих смесей - бетоны с высокой прочностью и долговечностью. Открывающиеся возможности позволяют считать, что на основе этих технологических принципов могут быть созданы бетоны нового поколения [4].

Одной из проблем технологии самоуплотняющихся бетонов на современном этапе ее развития является несоответствие свойств массово производимых заполнителей, в частности их гранулометрического состава и формы зерен, требованиям к характеристикам этих сырьевых материалов для самоуплотняющегося бетона. Кроме того, свойства минеральных порошков, которые производятся из отсевов дробления щебня, оптимизированы для использования этих материалов в асфальтобетонах.

В исследовании [5] было установлено, что продукты дробления бетонного лома могут быть использованы в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона. Особенность технологии переработки бетонного лома, предложенная в этой статье, заключается в повторном дроблении этого материала по «мягкому» режиму, что обеспечивает его разрушение преимущественно по менее прочному цементному камню. Такой способ дробления позволяет получить крупный вторичный заполнитель более высокого качества, а отсев дробления с размерами частиц менее 0,6 мм после измельчения в мельнице – порошок компонент самоуплотняющейся бетонной смеси.



*Рисунок 2. Остатки на ситах дробленого бетонного лома*

Для проведения исследований свойств самоуплотняющегося бетона, изготовленного с применением вторичного заполнителя, были использованы разрушенные контрольные образцы бетона, характеризовавшиеся прочностью 35-45 МПа. Бетон подвергался четырехкратному дроблению в лабораторной щековой дробилке по «мягкому» режиму – ширине разгрузочной щели 20 мм. Гранулометрический состав полученного материала представлен на рисунке 2.

Содержание растворной составляющей в зернах дробленого бетона при уменьшении их частиц возрастает – фракции менее 5 мм состоят преимущественно из этого пористого и малопрочного компонента бетона. Эта

Для проведения исследований свойств самоуплотняющегося бетона, изготовленного с применением вторичного заполнителя, были использованы разрушенные контрольные образцы бетона, характеризовавшиеся прочностью 35-45 МПа. Бетон подвергался четырехкратному дроблению в лабораторной щековой дробилке по «мягкому» режиму – ширине разгрузочной щели 20 мм. Гранулометрический состав полученного материала представлен на рисунке 2.

визуально установленная закономерность подтверждается различиями в свойствах полученного заполнителя – вторичных щебень фракции 10-15 мм характеризовался маркой по дробимости 1000 и водопоглощением 2,1 %, а щебень фракции 5-10 мм – маркой по дробимости 600 и водопоглощением 5,6 %.

Отсев дробления фр. 1,25-5 мм применялся для обогащения мелкого природного песка, а зерна менее 1,25 мм для приготовления смеси не использовались.

Исследования проводились на базовой бетонной смеси с дробленным бетонным ломом и контрольном составе на гранитном заполнителе. Базовый состав состоял из цемента ЦЕМ II/A-III 42,5 – 430 кг/м<sup>3</sup>, измельченного отсева дробления – 175 кг/м<sup>3</sup>, вторичного щебня фр. 5-10 мм – 676 кг/м<sup>3</sup>, отсева дробления вторичного щебня фр. 1,25-5 мм – 147 кг/м<sup>3</sup>, песка камского менее 1,25 мм – 541 кг/м<sup>3</sup>, воды – 205 кг/м<sup>3</sup>, в качестве порошкового компонента вводилось 175 кг/м<sup>3</sup> маршалита, суперпластификатора «Гиппласт Термо» – 4,8 кг/м<sup>3</sup>. Контрольный состав отличался от базового тем, что в его состав входил не вторичный щебень и отсев его дробления фр. 1,25-5 мм, а гранитный щебень в количестве 690 кг/м<sup>3</sup> и гранитный отсев в количестве 160 кг/м<sup>3</sup>.

Было установлено, что для приготовления бетонной смеси на вторичном заполнителе расход воды на 17 % выше, чем в смеси равной консистенции на гранитном заполнителе, что связано со значительным водопоглощением дробленого бетонного лома. В связи с этим было исследовано влияние влажности вторичного заполнителя на свойства самоуплотняющегося бетона. Для проведения этого эксперимента часть воды затворения равномерно распределялась в заполнителе фр. 5-10 мм и 1,25-5 мм. Суммарное количество воды, израсходованной на увлажнение вторичного заполнителя и затворения смеси, в этом эксперименте было постоянным.

Результаты определения консистенции смеси по ее расплыву из конуса Хегерманна (формы-конуса по ГОСТ 320.4) и прочности через 28 суток нормального твердения приведены в таблице 1.

Таблица 1

*Консистенция и прочность контрольного и базового составов*

Состав	Расход воды, кг/м <sup>3</sup>		Расплав смеси, мм	Прочность на сжатие, МПа
	на затворение смеси	на увлажнение заполнителя		
Контрольный	170	–	285	56,2
Базовый	205	–	253	52,6
	185	20	261	50,4
	170	35	268	47,5

Анализ данных в таблице показывает, что бетонная смесь, приготовленная на высококачественном гранитном заполнителе, несмотря на меньший расход воды имеет больший распыл смеси в сравнении со смесью на вторичном заполнителе. Это можно объяснить водопоглощением дробленого бетонного лома, содержащего некоторое количество цементного камня. Предварительное увлажнение вторичного заполнителя позволяет снизить расход воды затворения и немного улучшить консистенцию смеси при неизменном общем количестве воды. Повышение распыла объясняется увеличением концентрации суперпластификатора в воде затворения.

Как видно из данных в таблице, применение вторичного заполнителя взамен гранитного в исследованном самоуплотняющемся бетоне приводит к снижению прочности, однако это снижение некритично с учетом того, что требование к этому показателю качества бетона для малых архитектурных форм обычно не превышает 30-40 МПа.

Процедура введения воды в бетонную смесь, изготовленную на вторичном заполнителе, оказывает влияние на прочность бетона. При повышении влажности заполнителя прочность бетона снижается. Это можно предположительно объяснить тем, что в более влажный цементный камень вторичного заполнителя проникает меньше цементного теста и в результате не происходит поверхностного упрочнения пористой структуры вторичного заполнителя. Кроме того, на снижение прочности может оказывать влияние уменьшение адгезии между цементной матрицей бетона и влажным заполнителем.

Проведенные исследования самоуплотняющегося бетона, изготовленного с применением продуктов дробления бетона с крупностью 1,25-10 мм, показали, что на основе этого заполнителя может быть получена бетонная смесь самоуплотняющейся консистенции. Бетон исследованного состава имеет меньшую прочность в сравнении с бетоном на гранитном заполнителе, однако его прочность 47,5-52,6 МПа достаточно высока для производства бетонных и железобетонных конструкций малых архитектурных форм. Дальнейшие исследования разработанного состава бетона будут направлены на определение его атмосферостойкости и стойкости к ударным воздействиям, которые являются важными показателями качества бетона для элементов благоустройства.

#### **Список литературы**

1. Курочкина, В. А. Малые архитектурные формы в структуре открытых общественных пространств города / В. А. Курочкина, Е. К. Калиниченко, М. О. Белова // *Вестник евразийской науки*. – 2021. – Т. 13, № 5. URL: <https://esj.today/PDF/28NZVN521.pdf>.
2. Герасимов, В. П. Особенности реализации проектов благоустройства на примере малых населенных пунктов Пензенской области / В. П. Герасимов, Я. Ю. Солуданов // *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сборник статей 79-ой Всероссийской научно-технической*

- конференции, Самара, 18–22 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2022. – С. 911-918.
3. Строчкова, В. В. Малые архитектурные формы: состав и свойства бетонов для их получения / В. В. Строчкова, Н. О. Хмара, В. В. Нелюбова, Н. А. Шаповалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2021. – № 11. – С. 8-31.
  4. Калашиников, В. И. Высокоэффективные самоуплотняющиеся порошково-активированные песчаные бетоны и фибробетоны / В. И. Калашиников, В. М. Володин, И. В. Ерофеева, Д. А. Абрамов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-2. – С. 110.
  5. Коровкин, М. О. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона / М. О. Коровкин, А. И. Шестернин, Н. А. Ерошкина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3(37). – С. 85.

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Обшивалкин Михаил Юрьевич, доцент, канд. техн. наук, декан факультета машиностроения*

*Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск*

---

*Костин Вячеслав Александрович, студент группы 22ЭТМК1м*

*Зиновьев Кирилл Дмитриевич, студент группы 22ЭТМК1м*

*Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, Пенза*

---

Эффективность различных по видам обработки и технологическому оснащению операций механической обработки, выполняемых с применением смазочно-охлаждающих жидкостей, оценивают различными абсолютными и относительными критериями. Отсутствие системы универсальных критериев существенно затрудняет оценку эффективности систем очистки, предназначенные для выполнения разнообразных операций механической обработки. Планируется разработать систему универсальных критериев технологической эффективности для различных операций механической обработки.

*Ключевые слова: критерий, эффективность, механическая обработка, технологическая операция, износ, механические примеси, смазочно-охлаждающая жидкость, затраты.*

Технологическая эффективность различных по видам обработки и техническому оснащению операций механической обработки деталей в практике машиностроения и научных исследованиях оценивается различными критериями. В большинстве работ в области лезвийной обработки заготовок главными критериями для оценки технологической эффективности токарных, фрезерных, сверлильных операций служат: высотные параметры шероховатости  $R_a$  и  $R_z$  и износ  $I$  и период стойкости  $\tau_c$  режущего инструмента. В некоторых работах эффективность технологических операций характеризуют энергозатратами – моментом резания  $M_p$  (при сверлении, зенкерование и развертывании отверстий), силами резания  $P_z$  и  $P_y$ , иногда учитывают температуру  $\theta_n$  в области обработки. Иногда случая в качестве критерия оценки технологической эффективности операций используют интенсивность изнашивания режущего инструмента  $I = I / \tau$ .

Для оценки эффективности операций абразивной обработки разработана система критериев, характеризующих процесс обработки с разных сторон: эффективная мощность шлифования  $N_{ш}$ , режущая способность шлифовального круга (производительность обработки)  $Q_m$ , расход шлифовального

круга  $Q_a$ , коэффициент шлифования  $K_{ш} = Q_m / Q_a$ , стойкость круга  $\tau_c$ , коэффициент режущей способности  $K_p = Q_m / P_y$ , удельная мощность  $N_{уд} = N_{ш} / Q_m$ , комплексный критерий  $K_{мш} = Q_m / (Q_a N_{ш} R_a)$ , критерий качества обработанной поверхности и др. Качество обработанной поверхности оценивают по следующим параметрам: шероховатость поверхности –  $R_a, R_z, R_{max}, t_p, S, S_m$ ; волнистость  $W_z, W_{max}, S_w$ ; точность формы  $\Delta_f$ ; точность линейных и угловых размеров; микротвердость поверхности  $H_\mu$  и глубина наклепа  $h_\mu$ ; остаточные напряжения  $\sigma'$  и  $\sigma''$ . Однако использовать эти критерии для других операций механической обработки в реальности невозможно или затруднительно, а часто нецелесообразно.

Все названные критерии оценки технологической эффективности операций обработки резанием можно подразделить, на абсолютные (износ режущего инструмента, энергозатраты, качество обработанных деталей, время обработки, затраты на выполнение операции и др.) и относительные (производительность, интенсивность изнашивания и др.). При этом относительные критерии образуются как произведение или отношение двух или нескольких критериев. В общем случае относительный критерий можно записать в виде

$$O_i = \prod_{i=1}^n A_i^{\alpha_i}, \quad (1)$$

где  $A_i$  –  $i$ -й абсолютный критерий;

$\alpha_i$  – показатель степени при  $i$ -м абсолютном критерии ( $\alpha_i$  – целое число);

$n$  – число абсолютных критериев, ( $n > 1$ ).

Следовательно, для нахождения какого-либо относительного критерия оценки технологической эффективности операций механической обработки необходимо предварительно определить значения входящих в него абсолютных критериев.

Наиболее объективным подходом к оценке эффективности технологических операций является использование экономических показателей. Некоторые авторы определяют экономические показатели на основе известных технологических критериев. Например, основные статьи затрат на шлифовальную операцию представлены в следующем виде:

$$C_T = C_3 + C_{ир} + C_{об} + C_э + C_{сож} + C_{сп}, \quad (2)$$

где  $C_3, C_{ир}, C_{об}, C_э, C_{сож}, C_{сп}$  – соответственно затраты на зарплату, режущий инструмент, оборудование, электроэнергию, СОЖ и систему ее подачи, приходящиеся на данную операцию.

С учетом ряда соотношений, получаем:

$$C_3 = C_{зч} \cdot M_o \cdot \left( \frac{1}{Q_m} + \frac{T_{пп}}{Q_m \cdot \tau_c} \right); \quad (3)$$

$$C_{\text{ир}} = C_{\text{и}} \cdot M_{\text{о}} \cdot \left( \frac{Q_{\text{а}}}{Q_{\text{м}}} + \frac{\pi \cdot D_{\text{ср}} \cdot H \cdot h_{\text{п р}}}{Q_{\text{м}} \cdot \tau_{\text{с}}} \right); \quad (4)$$

$$C_{\text{об}} = C_{\text{а}} \cdot \frac{M_{\text{о}} \cdot N_{\text{э}}}{Q_{\text{м}}}; \quad (5)$$

$$C_{\text{э}} = C_{\text{э}} \cdot \frac{M_{\text{о}} \cdot N_{\text{э}}}{Q_{\text{м}}}; \quad (6)$$

$$C_{\text{сож}} = C_{\text{ж}} \cdot \frac{M_{\text{о}} \cdot Q_{\text{ж}}}{Q_{\text{м}} \cdot n_{\text{в}}}; \quad (7)$$

$$C_{\text{сож}} = \frac{K_{\text{сп}} \cdot M_{\text{о}} \cdot (1 + \alpha_{\text{т}})}{\Phi_{\text{д.о}} \cdot Q_{\text{м}} \cdot n_{\text{в}}}; \quad (8)$$

- где  $C_{\text{зч}}$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб.;
- $M_{\text{о}}$  – припуск на обработку, мм;
- $T_{\text{пр}}$  – время, затрачиваемое на внецикловую правку круга, мин;
- $C_{\text{ир}}$  – стоимость шлифовального круга, руб.;
- $D_{\text{ср}}$  – средний диаметр круга, мм;
- $H$  – высота круга, мм;
- $h_{\text{пр}}$  – толщина слоя, удаляемого при правке, мкм;
- $C_{\text{а}}$  – амортизационные отчисления на технологическое оборудование, руб.;
- $C_{\text{э}}$  – стоимость кВт·ч электроэнергии, руб.;
- $C_{\text{ж}}$  – стоимость одного м<sup>3</sup> СОЖ, руб.;
- $Q_{\text{ж}}$  – минимально необходимый расход СОЖ на операцию, л/мин;
- $n_{\text{в}}$  – количество оборотов СОЖ до начала потери ею функциональных свойств;
- $K_{\text{сп}}$  – стоимость системы подачи (применения) СОЖ, руб.;
- $\Phi_{\text{д.о}}$  – годовой фонд рабочего времени оборудования, ч;

$$\alpha_{\text{т}} = \frac{T_{\text{ш}} - T_{\text{м}}}{T_{\text{м}}}.$$

Как видим, формулы (3)-(8) можно использовать только для расчета показателей эффективности операций шлифования, выполняемых инструментами со связанным абразивом. Для оценки эффективности всего многообразия операций механической обработки деталей необходимы универсальные зависимости.

Рассмотрим критерии, используемые для оценки влияния СОЖ на эффективность операций обработки заготовок резанием. Установлено, что влияние состава и состояния СОЖ на эффективность операций обработки заготовок лезвийными и абразивными инструментами оценивают с помощью тех же абсолютных и относительных критериев, с помощью которых оценивают влияние на эффективность технологической операции других факторов, например инструментального материала и геометрии режущей

части инструмента, режима обработки и др. Для оценки влияния СОЖ используют также критерии вида:

$$K_i = \frac{A_i^H}{A_i^B}; \quad (9)$$

$$K'_i = \frac{O_i^H}{O_i^B}, \quad (10)$$

где  $A_i^H$  и  $O_i^H$  –  $i$ -й абсолютный или относительный критерий, характеризующий эффективность операции, выполняемой с применением той СОЖ, влияние которой на эффективность операции оценивается;

$A_i^B$  и  $O_i^B$  – те же критерии, полученные при обработке с применением заранее выбранной (базовой) СОЖ.

В литературе такие критерии называют коэффициентами изменения параметра при переходе на новую СОЖ (или при изменении ее состояния). Следует отметить, что главным достоинством таких критериев – коэффициентов является простота их определения на основе известных данных о показателях операции, выполняемой с применением базовой СОЖ, и данных об аналогичных показателях, полученных при обработке заготовок с применением новой СОЖ в ходе испытаний ее на соответствующих операциях. Критерии-коэффициенты оценивают эффективность операций по производительности, работоспособности режущего инструмента, энергозатратам, точности размеров и формы, качеству обработанной поверхности. Данные критерии  $K_i$  целесообразно использовать также и для оценки влияния механических примесей на эффективность операций механической обработки, так как присутствие механических примесей в СОЖ приводит к увеличению износа режущего инструмента и энергозатрат, снижению точности размеров и геометрической формы, ухудшению шероховатости обработанной поверхности. В этом случае значения  $K_i$  вычисляют через отношение соответствующих параметров по (9) или (10), которые в свою очередь можно определить по аналитическим и эмпирическим зависимостям, полученным по результатам ранее выполненных на кафедре «Технология машиностроения» Ульяновского политехнического института под руководством Л.В.Худобина исследований и обследований действующего производства (4ГПЗ, 23ГПЗ, УАЗ и др. предприятий). Большинство зависимостей характеризует взаимосвязь чистоты СОЖ с параметрами операций абразивной обработки. Преобладание данных для операций абразивной обработки по сравнению с операциями лезвийной обработки легко объяснимо: операции абразивной обработки являются, как правило, заключительными в технологическом процессе изготовления деталей и формируют их выходные качественные характеристики; влияние механических примесей в СОЖ при абразивной обработке более значимо, чем при лезвийной. Большинство формул получено

экспериментальным путем, и в силу этого имеют ограниченную область применения.

Разработанные эмпирические формулы позволяют оценить изменение удельной силы резания при шлифовании в зависимости от среднего размера частиц и их концентрации, удельную мощность шлифования и расход абразивного круга в зависимости от среднего размера частиц, величину периода стойкости абразивного инструмента или ее изменение количество годных деталей по значению остаточной концентрации механических примесей, количество бракованных деталей по критерию прижогаобразования, изменение периода стойкости лезвийного инструмента в зависимости от параметров чистоты СОЖ, учесть геометрию режущей части инструмента, а также твердость инструментального и обрабатываемого материалов. Некоторые зависимости могут быть распространены на все виды механической обработки лезвийными инструментами, тогда как другие справедливы только для конкретных условий абразивной обработки.

В настоящее время практически не исследовано влияние чистоты СОЖ на точность формы и шероховатость поверхностей заготовок, обработанных лезвийными инструментами. Это особенно важно при обработке отверстий сверлами, зенкерами и развертками, когда лезвийный инструмент работает в «стесненных условиях». Удельный вес операций в крупносерийном и массовых производствах при обработке заготовок на технологических линиях – 40%. Для выявления влияния чистоты СОЖ на макро- и микрогеометрию отверстий, обработанных мерным лезвийным инструментом в условиях авторемонтного производства, необходимо провести экспериментальные исследования в лабораторных или производственных условиях.

Эффективность различных по видам обработки и технологическому оснащению операций механической обработки, выполняемых с применением СОЖ, оценивают различными, иногда весьма специфическими критериями. Отсутствие системы универсальных критериев существенно затрудняет оценку эффективности систем очистки, предназначенные для выполнения разнообразных операций механической обработки. Следовательно, необходимо разработать систему универсальных критериев технологической эффективности для различных операций механической обработки деталей автомобилей.

#### **Список литературы**

1. Каримов, Ш.А. Исследование и выбор состава смазочно-охлаждающей жидкости для обработки деталей дисковыми инструментами с твердосплавным поверхностным слоем / Ш.А. Каримов, Э.А. Умаров // Вестник гражданских инженеров. – 2016. - № 5 (58). - С. 133-136.
2. Родионов, Ю.В.. Повышение эффективности очисткисмазочно-охлаждающих жидкостей при механической обработке деталей: моногр./ Ю.В.Родионов, М.Ю.Обшивалкин. – Пенза: ПГУАС, 2015. - 168 с.
3. Соловьев, А.В. Смазочно-охлаждающие жидкости в металлообработке / А. В. Соловьев, Д.В. Репин // Интернаука. - 2020. - № 12-1 (141). - С. 87-94.

УДК 624. 042.8:534.1

## ЗАКОНЫ ВЗАИМНОСТИ В ДИССИПАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

*Потапов Александр Николаевич, чл.-корр. РААСН, профессор,  
д-р техн. наук, профессор кафедры строительного производства и теории  
сооружений*

*Южно-Уральский государственный университет (национальный  
исследовательский университет), Челябинск*

---

Приведен общий метод доказательства соотношений взаимности в произвольной упругой дискретной диссипативной системе (ДДС), основанный на использовании свойств интеграла Дюамеля и алгебраической теоремы П.Л. Пастернака. Показана симметричная структура уравнений динамической реакции для векторов перемещений, скоростей и ускорений. Дана расширенная трактовка теорем взаимности. Сформулированы и доказаны новые законы взаимности в диссипативных системах, выходящие за рамки принципа Бетти. Установлена взаимность произведения между скоростями / ускорениями масс и узловыми силами, имеющими произвольный закон воздействия, в различных состояниях системы. Для частных случаев теорем показана взаимность скоростей и взаимность ускорений. Выражения общих и частных теорем не требуют обращения к интегральным преобразованиям и представлены в аналитическом виде.

*Ключевые слова: интеграл Дюамеля, диссипативная система, реакция, соотношение взаимности, динамическая матрица, перемещение, скорость, ускорение.*

Основные положения по вопросам взаимности в упругих системах были сформулированы в трудах Максвелла, Бетти, Рэлея и других ученых. Наиболее полно эти вопросы освещены в работах Рэлея, который впервые распространил результаты своих исследований на диссипативные системы, введя для этой цели функцию рассеяния [1].

В работе [2] была дана чисто алгебраическая трактовка принципа взаимности, согласно которой взаимность рассматривалась как свойство, характерное для всякой системы  $n$  линейных уравнений с  $n$  неизвестными, обладающей симметричной структурой матрицы коэффициентов.

Теоремы взаимности находят применение в различных областях науки и техники: акустике, электротехнике, эластодинамике, нанотехнологиях и др. Согласно принципу взаимности функции частотной характеристики между любыми двумя материальными точками остаются неизменными после замены источника и приемника. На этом факте основано много практических исследований при колебаниях грунтов, вызванных движением транспорта, в геофизике и сейсморазведке.

В работе [3] решена задача, связанная с динамикой грунтов по проверке численной модели вибрации, вызванной движением автомобиля. Исследованы волны, создаваемые вертикальными колебаниями от динамических нагрузок на ось и распространяющиеся в недрах почвы. Реакция почвы в свободном поле рассчитывалась с помощью динамической теоремы взаимности

Бетти-Рэлея с использованием передаточной функции между дорогой и приемником. В статье [4] исследованы вопросы, относящиеся к задачам геофизики, в частности, сейсморазведки. Разработаны специальные процедуры динамических испытаний для обнаружения и характеристик подземных аномалий с помощью источников и приемников, которые размещались на поверхности земли или внутри скважин. Получены дискретные аналитические выражения функций Грина с помощью метода тонкого слоя для рассеяния поверхностных волн Рэлея (R-волн) на основе использования теоремы взаимности Бетти–Рэлея.

Более общий и одновременно простой метод доказательства теорем взаимности, не требующий использования интегральных преобразований, изложен в статье [5]. Подход основан на новых свойствах интеграла Дюамеля, полученных при анализе уравнения движения ДДС и его характеристического уравнения. Это позволяет не только расширить трактовку известных теорем, но и получить доказательства новых теорем взаимности.

Дифференциальное уравнение движения ДДС и его характеристическое уравнение, соответствующее однородному уравнению, имеют вид:

$$M\ddot{Y}(t) + C\dot{Y}(t) + KY(t) = P(t), \quad (1)$$

$$MS^2 + CS + K = 0, \quad (2)$$

где  $M = \text{diag}(m_1, \dots, m_n)$ ;

$C, K$  – вещественные и симметрические матрицы масс, демпфирования и жесткости;

$Y(t), P(t)$  – векторы перемещений и внешней нагрузки;

$S \in M_n(\mathbb{C})$  – искомая матрица динамических характеристик ДДС;

$n$  – число степеней свободы. Переход от уравнения (1) к (2) осуществляется с помощью фундаментальной матрицы  $\Phi(t) = e^{St}$ .

При анализе характеристического уравнения (2) учет рассеяния энергии может приниматься на основе любой модели (пропорционального или непропорционального) демпфирования; необходимо лишь выполнение требования симметрии  $C = C^T$ . Решение уравнения (2) записывается так:

$$S = M^{-1}(-C + V + U)/2 \in M_n(\mathbb{C}), \quad (3)$$

где  $V = -V^T, U = U^T$ . При малой диссипации эти матрицы имеют дополнительные свойства  $V = \text{Re}V, U = i\text{Im}U$ .

Вектор  $P(t)$  представляется в виде произведения произвольной скалярной функции  $\xi(t)$ , определяющей форму динамической нагрузки, и вектора амплитуд  $P_0$ :

$$P(t) = \xi(t)P_0. \quad (4)$$

Уравнение реакции системы (интеграл Дюамеля):

$$Y(t) = 2\text{Re} \{I(t)\}P_0, \quad I(t) = \left\{ \int_{t_0}^t \Phi(t-\tau)U^{-1}\xi(\tau) d\tau \right\} \quad (5)$$

обладает свойством симметрии, справедливым для любого целого числа  $k$ :

$$S^k I(t) = (S^k I(t))^T \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots). \quad (6)$$

При  $k = 0, 1, 2$  получим, соответственно, векторы перемещений, скоростей и ускорений, что автоматически следует при дифференцировании (5):

$$Y(t) = D(t)P(t), \quad \dot{Y}(t) = V(t)P(t), \quad \ddot{Y}(t) = A(t)P(t), \quad (7)$$

где

$$\left. \begin{aligned} D(t) = D(t)^T = 2\operatorname{Re} \{I(t)\}\xi(t)^{-1}, \quad V(t) = V(t)^T = 2\operatorname{Re} \{SI(t)\}\xi(t)^{-1}, \\ A(t) = A(t)^T = 2\operatorname{Re} \{S^2I(t)\}\xi(t)^{-1} + M^{-1}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Свойства (6) приводят к частным случаям (8) взаимности перемещений (теорема Максвелла):  $D(t) = D(t)^T$ , скоростей:  $V(t) = V(t)^T$  и ускорений  $A(t) = A(t)^T$ . С учетом теоремы П.Л. Пастернака [2] из (7) вытекают более общие законы – теорема о взаимности возможных работ (теорема Бетти):

$$Y(t)^T P(t)' = Y(t)'^T P(t) \quad (9)$$

и теоремы о взаимности:

$$\dot{Y}(t)^T P(t)' = \dot{Y}(t)'^T P(t), \quad \ddot{Y}(t)^T P(t)' = \ddot{Y}(t)'^T P(t). \quad (10)$$

В выражениях (9), (10) штрихами обозначены, соответственно, группы перемещений, скоростей, ускорений и сил в новом состоянии, принадлежащие тем же самым  $n$ -массовым диссипативным системам в (7), характеризваемым динамическими матрицами  $D(t)$ ,  $V(t)$  и  $A(t)$ .

При выводе данных теорем важным фактором является характер динамического воздействия, определяемый скалярной формой  $\xi(t)$  в векторе (4). В возможных состояниях (9), (10) векторам нагрузки  $P(t)$ ,  $P(t)'$  соответствуют различные векторы амплитуд  $P_0, P_0'$ , но одинаковая скалярная функция  $\xi(t)$ . Эта функция  $\xi(t)$  входит в аналитические выражения динамических матриц (8)  $D(t)$ ,  $V(t)$  и  $A(t)$ , не изменяя их симметричной структуры. Данный фактор обуславливает выполнение законов взаимности для параметров реакции ДДС (перемещений, скоростей и ускорений масс).

Равенство  $V(t) = V(t)^T = 2\operatorname{Re} \{SI(t)\}\xi(t)^{-1}$  в (8) выражает **теорему взаимности скоростей** в ДДС:

Скорость  $V_{ik}(t)$ , сообщаемая массе  $m_i$ , от действия единичной силы, задаваемой законом  $P_k(t) = 1 \cdot \xi(t)$ , приложенной к массе  $m_k$ , равна такой же скорости  $V_{ki}(t) = V_{ik}(t)$ , возникающей при движении массы  $m_k$ , в результате действия единичной силы  $P_k(t) = 1 \cdot \xi(t)$ , приложенной к массе  $m_i$ .

Равенство  $A(t) = A(t)^T = 2\operatorname{Re} \{S^2I(t)\}\xi(t)^{-1} + M^{-1}$  в (8) выражает **теорему взаимности ускорений** в ДДС:

Ускорение  $A_{ik}(t)$ , возникающее при движении массы  $m_i$  от действия единичной силы, задаваемой законом  $P_k(t) = 1 \cdot \xi(t)$  и приложенной к массе  $m_k$ , равно такому же ускорению  $A_{ki}(t) = A_{ik}(t)$ , возникающему при движении массы  $m_k$ , вызванному действием единичной силой  $P_i(t) = 1 \cdot \xi(t)$  в массе  $m_i$ .

Взаимность ускорений многими специалистами признается как факт, хотя доказательств этой теоремы в научной литературе не обнаружено.

Соотношения (10) представляют новые законы взаимности в динамике диссипативных систем. Эти законы выходят за рамки принципа Бетти (9), так как их выражения не являются возможной работой. Первое соотношение в (10) имеет размерность «кН·м/с» и его можно рассматривать как теорему о взаимности 1-й производной возможной работы по времени, второе соотношение (с размерностью «кН·м/с<sup>2</sup>») – как теорему о взаимности 2-й производной возможной работы по времени.

Законы (10) устанавливают *взаимность произведения сомножителей скоростей / ускорений масс и узловых сил в двух различных состояниях системы*. При этом доказательство частных случаев соотношений взаимности (8) следует из свойства интеграла Дюамеля, основанного на симметричной структуре подинтегральных выражений (6). Для построения общих законов взаимности (9), (10) используется теорема Пастернака, которая опирается на системы уравнений (7), обладающие доказанной симметричной структурой коэффициентов.

На примере колебаний жестко заземленной балки с 7 степенями свободы показана взаимность 1-й и 2-й производной возможной работы при действии вибрационных сил с угловой частотой 300 с<sup>-1</sup> (рисунок 1) и импульсной нагрузки синусоидального вида с (рисунок 2). Амплитуды вибрационной и импульсной нагрузок приведены в правой части рисунка 1.

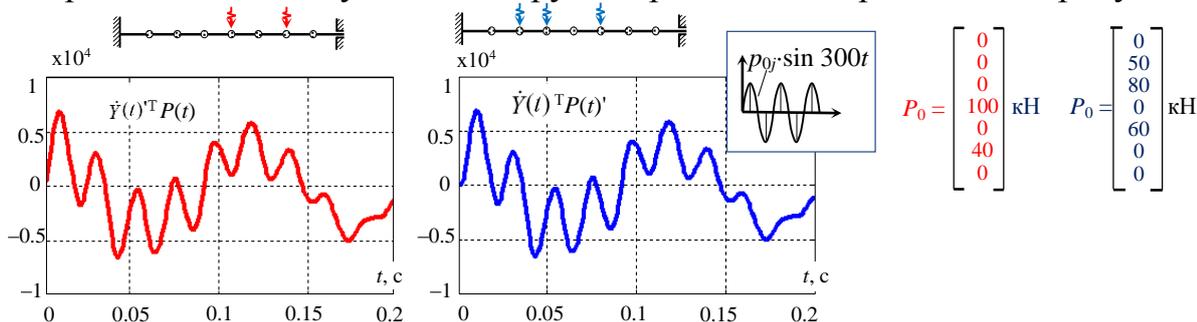


Рисунок 1. Взаимность 1-й производной возможной работы при действии вибрационных сил в жестко заземленной балке

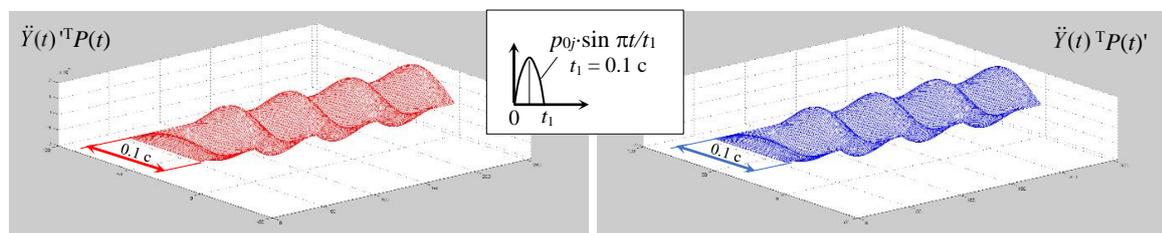


Рисунок 2. Поверхности 2-й производной возможной работы при действии синусоидальных импульсов

Предложенный подход на основе приведенных свойств интеграла Дюамеля свидетельствует о том, сколь мощный аппарат может быть задействован в теории динамического анализа ДДС. Важно подчеркнуть, что данный интеграл, рассматриваемый ранее как средство анализа диссипативных систем, с учетом его новых свойств оказывается достаточно эффективным

инструментом исследования динамических систем. С одной стороны, с его помощью выполняется временной анализ динамической реакции сложных диссипативных систем, обеспечивающий построение количественных оценок параметров реакции с вязкоупругим сопротивлением материала конструкции на основе моделей непропорционального демпфирования.

С другой стороны, как показано в статье, интеграл Дюамеля может использоваться в области исследований, связанной с получением качественных оценок параметров реакции диссипативных систем. Данные направления исследований динамики сооружений являются малоизученными, включая область фундаментальных исследований, где вопросы соотношений взаимности имеют исключительное значение.

### Список литературы

1. Стрэтт Дж. В. (Лорд Рэлей) [Strutt J.W.] Теория звука. – М.; Л.: Гостехиздат, 1940, Т. 1. – 500 с.
2. Pasternak P.L. Berechnung vielfach statisch unbestimmter biege-fester Stab- und Flächentragwerke. I. Teil / Dreigliedrige Systeme: Grundlagen und Anwendungen. – Zürich: Leemann, 1927 – 43 p.
3. Lombaert G., Degrande G. Experimental validation of a numerical prediction model for free field traffic induced vibrations by in situ experiments / *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. – 2001, Vol. 21(6). – P. 485-497. doi.org/10.1016/S0267-7261(01)00017-3.
4. Hua-You Chai, Kok-Kwang Phoon, Siang-Huat Goh, Chang-Fu Wei. Some theoretical and numerical observations on scattering of Rayleigh waves in media containing shallow rectangular cavities / *Journal of Applied Geophysics*. – 2012, Vol. 83. – P. 107-119. doi.org/10.1016/j.jappgeo.2012.05.005.
5. Потапов А.Н. Законы взаимности при колебаниях диссипативных систем / В сборнике: *Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году* // Сб. науч. тр. РААСН. Т. 2. 494 с. – М.: Издательство АСВ, 2022. – С. 350-357.

## **СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Родионов Юрий Владимирович, профессор, д-р техн. наук, декан автомобильно-дорожного института*

*Костин Вячеслав Александрович, студент группы 22ЭТМК1м*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза*

---

В результате анализа способов очистки смазочно-охлаждающих жидкостей при изготовлении и восстановлений деталей автомобилей от механических примесей установлено, современные технологии позволяют обеспечить требуемые параметры чистоты жидкостей. Однако использование существующих норм чистоты жидкостей, разработанных для отдельных операций, при проектировании систем очистки, приводит неоправданному увеличению затрат на очистку жидкостей и, соответственно, суммарных затрат на механическую обработку деталей.

*Ключевые слова: смазочно-охлаждающая жидкость, примеси, механическая обработка, очистка, износ режцов, шероховатость, фильтр, технологический процесс.*

Смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) является неотъемлемым элементом технологического обеспечения операций обработки заготовок резанием, оказывая непосредственное и часто существенное влияние на производительность и качество обработанных деталей путем реализации комплекса функциональных свойств – смазочного, охлаждающего, диспергирующего, моющего и демпфирующего. В процессе эксплуатации функциональные свойства СОЖ ухудшаются под действием большого числа возмущающих факторов. Изучению факторов, влияющих на эффективность применения СОЖ на операциях механической обработки деталей, посвящено много работ. Отмечено, что основными факторами, влияющими на эффективность применения СОЖ определенного состава, являются: механические примеси, посторонние масла и бактерии, содержащиеся в СОЖ; тепловые, разнообразные физико-механические и химические воздействия на СОЖ, находящуюся в системе ее применения. Также установлено, что изменение функциональных свойств СОЖ в процессе ее эксплуатации приводит к ухудшению технико-экономических показателей операций механической обработки

Известно, что наиболее сильное негативное влияние на функциональные свойства СОЖ оказывают механические примеси, попадающие в нее в процессе обработки. Это приводит к ухудшению качества обработанных деталей (или заготовок), ускорению износа режущего инструмента (уменьше-

нию периода его стойкости), увеличению энергозатрат (сил и мощности резания), что в конечном счете вызывает увеличение затрат на выполнение операций механической обработки.

Так исследованиями установлено, что присутствие в СОЖ механических примесей интенсифицирует износ абразивного круга, что в свою очередь приводит к снижению точности геометрической формы деталей в продольном и поперечном сечениях и увеличению шероховатости обработанной поверхности. При обследовании действующего производства 4 ГПЗ и 23 ГПЗ выявлено, что увеличение концентрации механических примесей в СОЖ вызывает усиленное затупление и засаливание абразивных кругов, что в свою очередь ведет к увеличению выпуска бракованной продукции по критерию прижогообразования и соответствующему снижению выпуска годной продукции. Уменьшение производительности абразивной обработки при увеличении концентрации механических примесей в СОЖ вызвано необходимостью снижения скорости врезной подачи, чтобы избежать образования прижогов и увеличения шероховатости.

Очистка СОЖ от механических примесей приводит к существенному повышению эффективности операций обработки заготовок резанием как абразивными, так и лезвийными инструментами. Это обстоятельство часто недооценивают, полагая, что тщательная очистка СОЖ необходима только на операциях абразивной обработки, являющихся, как правило, заключительными в технологическом процессе механической обработки заготовок и формирующих выходные характеристики качества деталей.

Между тем, проведенными за рубежом исследованиями установлено, что, например, оснащение фрезерных станков фильтрующими устройствами приводит в ряде случаев к повышению стойкости фрез в среднем в 5–10 раз, при этом скорость резания можно увеличить в 2 раза, а подачу – до 1,5 раз. Оснащение станков для глубокого сверления фильтрами, очищающими СОЖ от частиц размером более 10 и 2 мкм, обеспечило повышение стойкости сверл, соответственно, до 5000 и 13500 обработанных между переточками отверстий. На многошпиндельных станках очистка СОЖ способствовала увеличению стойкости сверл с внутренним охлаждением в 2 раза, а разверток, расточных и фасонных резцов, неперетачиваемых многогранных пластинок – в 1,4–1,8 раза. Одновременно шероховатость обработанной поверхности уменьшилась на 20%, а заточные работы сократились на 55%. При проведении аналогичных исследований на Ульяновском автомобильном заводе было установлено, что с уменьшением концентрации механических примесей, попадающих вместе с СОЖ в зону течения, снижается износ резцов и соответственно увеличивается период их стойкости. Это в свою очередь ведет к снижению времени, затрачиваемого на наладку оборудования, и увеличению сменной наработки деталей.

Современные системы применения (СП) СОЖ полного состава включают следующие основные подсистемы: приготовления и аккумуляции

СОЖ; транспортирования СОЖ к станкам; активации СОЖ; подачи СОЖ в зону обработки; сбора загрязненной СОЖ от станков; очистки СОЖ от механических и жидкостных примесей; диагностики СОЖ и управления ее составом; аккумуляции, обеззараживания, разложения и утилизации отработанной СОЖ. В любом случае, даже упрощенные системы применения СОЖ содержат подсистемы ее очистки, причем эти последние являются наиболее сложными по конструкции, материало- и энергоемкими по сравнению с другими системами.

Большинство систем применения СОЖ, разработанных в 70-80-е годы, как групповые и централизованные, так и индивидуальные, имеют в своем составе многоступенчатые подсистемы очистки СОЖ и отдельные устройства подачи СОЖ на металлорежущих станках. Такие СП можно квалифицировать как системы очистки.

На выбор способа очистки СОЖ от механических примесей и устройства очистки (очистителя) влияют следующие основные факторы: вид обработки заготовки резанием; материал обрабатываемой заготовки; режимы резания; требования к качеству обработанной детали или заготовки (точность геометрической формы, волнистость, шероховатость, качество поверхностного слоя и др.); состав и расход СОЖ; условия эксплуатации СОЖ; санитарно-гигиенические требования и др. Гранулометрический состав механических примесей зависит от сочетания перечисленных факторов.

Известны различные способы и техника очистки СОЖ от механических примесей. Перечисленные в таблице устройства очистки обеспечивают, естественно, различную степень и тонкость очистки СОЖ, оказывая тем самым влияние на производительность и качество обработки заготовок.

В настоящее время, особенно в условиях массового и крупносерийного производства, на одной технологической линии производят обработку заготовок резцами, фрезами, зенкерами, развертками и другими лезвийными инструментами, а также абразивными инструментами, как правило, в присутствии СОЖ. Обслуживается такая технологическая линия часто групповой (ГСО) или централизованной системой очистки (ЦСО) СОЖ, в которых проще и экономичнее решаются вопросы очистки СОЖ по сравнению с индивидуальными системами (ИСО). Роль системы (подсистемы) очистки при этом резко возрастает, так как в этих случаях приходится очищать СОЖ от резко различных по размерам, физико-механическим свойствам и гранулометрическому составу механических примесей, что неизбежно усложняет технологию очистки, требует применения многоступенчатых комбинаций различных очистителей для надежности обеспечения требуемой чистоты СОЖ.

В настоящее время, особенно в условиях массового и крупносерийного производства, на одной технологической линии производят обработку заготовок резцами, фрезами, зенкерами, развертками и другими лезвийными инструментами, а также абразивными инструментами, как правило, в

присутствии СОЖ. Обслуживается такая технологическая линия часто групповой (ГСО) или централизованной системой очистки (ЦСО) СОЖ, в которых проще и экономичнее решаются вопросы очистки СОЖ по сравнению с индивидуальными системами (ИСО). Роль системы (подсистемы) очистки при этом резко возрастает, так как в этих случаях приходится очищать СОЖ от резко различных по размерам, физико-механическим свойствам и гранулометрическому составу механических примесей, что неизбежно усложняет технологию очистки, требует применения многоступенчатых комбинаций различных очистителей для надежности обеспечения требуемой чистоты СОЖ.

Таблица 1

*Преимущества и недостатки устройств очистки СОЖ*

Устройство очистки	Преимущества	Недостатки
1	2	3
Система аэрации	1. Совмещение с отстаиванием для удаления мелких и крупных частиц	1. Не удаляет крупные частицы 2. Не удаляет посторонние масла 3. Длительность процесса
Пеносниматель	1. Удаляется масляная пленка 2. Низкая стоимость	1. Не удаляет масло, растворенное в эмульсии 2. Не удаляет тонкодисперсные частицы
Центрифуга	1. Удаляет все масла и другие примеси	1. Высокая стоимость 2. Ограниченная производительность 3. Высокая энергоемкость
Безнапорный фильтр	1. Простота конструкции 2. Низкая стоимость 3. Улучшенная компоновка	1. Высокие эксплуатационные расходы 2. Высокая стоимость фильтроматериалов
Гидроциклон	1. Автоматическое удаление шлама 2. Низкая стоимость 3. Небольшие габаритные размеры 4. Отсутствие подвижных деталей	1. Не удаляет масло 2. Большая энергоемкость 3. Засоряется при удалении больших частиц
Магнитный сепаратор	1. Простота конструкции 2. Низкая стоимость 3. Компактность	1. Не удаляет масло 2. Не удаляет частицы размером менее 30 мкм 3. Абразивные частицы необходимо направлять в отстойник
Напорный фильтр	1. Автоматическая смена фильтроматериала	1. Высокая стоимость фильтроматериалов 2. Относительно дорогостоящий 3. Удаление фильтроматериалов с осадком

1	2	3
Отстойник	1. Простая конструкция 2. Низкая стоимость 3. Немеханическая система	1. Медленный процесс 2. Не удаляются мелкие частицы 3. Значительные размеры в плане
Вакуумный фильтр	1. Удаляет мелкие частицы 2. Большая производительность	1. Высокая стоимость фильтроматериалов 2. Удаление фильтроматериалов с осадком 3. Возможно закупоривание фильтроматериала

Вопросы проектирования, выбора и компоновки систем очистки СОЖ решаются различными методами. Например, часто проектирование систем очистки СОЖ сводится, в основном, к выбору очистителей, насосов, трубопроводов, емкостей и определению их конструктивных параметров. Излагаются общие принципы разработки и выбора техники очистки СОЖ, заключающиеся в распределении очистителей по группам в зависимости от типа производства, номенклатуры изготавливаемых деталей и составов СОЖ, экономических требований. Главной задачей при этом является выбор основных показателей технической характеристики системы: производительности, объема циркулирующей в системе СОЖ, сечения трубопроводов, мощности насосов, емкости резервуаров, числа фильтров и т.п. Эти показатели оценивают, как правило, по эмпирическим данным. Основным критерием выбора устройств и компоновки систем очистки являются заданные параметры шероховатости обработанных поверхностей, которые непосредственно связаны с размерами и содержанием в СОЖ механических примесей.

Современные технологии и техника очистки СОЖ от механических примесей позволяют обеспечить требуемые параметры чистоты СОЖ. Однако использование существующих норм чистоты СОЖ, разработанных для отдельных операций, при проектировании систем очистки, обслуживающих технологические линии, приводит к неоправданному увеличению затрат на очистку СОЖ и, соответственно, суммарных затрат на механическую обработку заготовок.

Эффективность различных по видам обработки и технологическому оснащению операций механической обработки, выполняемых с применением СОЖ, оценивают различными, иногда весьма специфическими критериями. Отсутствие системы универсальных критериев существенно затрудняет оценку эффективности ГСО и ЦСО СОЖ, обслуживающих технологические линии, предназначенные для выполнения разнообразных операций механической обработки.

**Список литературы**

1. Влияние СОЖ на стойкость и износ токарных резцов /С.М. Гайдар, М.Ю. Карелина, А.М. Колокатов, А.В. Пыдрин // Сборка в машиностроении, приборостроении.- 2021. -№ 4. -С. 189-192.
2. Ларина, А.И. Механизмы действия смазочно-охлаждающих жидкостей / А.И. Ларина, И.В. Постникова // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. - 2022. - № 3 (71). - С. 59-66.
3. Михайленко, С.В. Влияние смазочно-охлаждающих жидкостей на шероховатость отверстий при сверлении заготовок из низколегированных сталей / С.В. Михайленко, А.Г. Кисель //Транспортное машиностроение. - 2022. - № 12 (12). - С. 18-25.
4. Родионов, Ю.В.. Повышение эффективности очистки смазочно-охлаждающих жидкостей при механической обработке деталей: моногр. / Ю.В. Родионов, М.Ю. Обшивалкин. – Пенза: ПГУАС, 2015. 168 с.

УДК 691.3

## **СТРОИТЕЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА**

**Романенко Игорь Иванович**, доцент, канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Механизация и автоматизация производства»

**Фадин Алексей Ильич**, аспирант кафедры «Механизация и автоматизация производства»

**Петровнина Ирина Николаевна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация и автоматизация производства»

**Еличев Константин Александрович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация и автоматизация производства»

**Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, Пенза**

---

Исследована возможность получения изделий строительного назначения на основе шлаков сталеплавильного производства. В качестве активатора твердения применяли углекислый газ, который являлся побочным продуктом производства стали и выбрасывался в атмосферу. Предложено технологическое решение получения мелкогабаритных изделий для дорожного строительства на основе гиперпрессования с прочностью 25,0-35,0 МПа на первые сутки. Данная технология позволяет получать бетоны с низким уровнем выбросов углерода в атмосферу за счет ускоренной карбонизации сталеплавильного шлака.

*Ключевые слова:* вторичные ресурсы, экология, бетоны, активация, углекислый газ, сталеплавильные шлаки, высокая прочность, долговечность, водостойкость.

Стальной шлаки широко используются в качестве дополнительных компонентов вяжущего на основе портландцемента или в виде заполнителей бетонной смеси. Однако, уровни замены портландцемента шлаками сталелитейного производства в комплексном вяжущем или переход с природных заполнителей на граншлаки и фракционные шлаки были ограничены или невозможны из-за низкой гидравлической активности шлаков, а также проявления тенденций к самораспаду [1].

Производство портландцемента является энергозатратным процессом с выделением в атмосферу углекислого газа, на долю которого приходится около 5 – 8% от общих мировых антропогенных выбросов CO<sub>2</sub> [1]. Получение бетонов на бесцементных вяжущих имеет большое значение для устойчивого развития строительства и строительной индустрии в целом. С другой стороны, применение вторичных ресурсов в производстве строительных материалов привлекает все большее внимание у исследователей из-за своего высокого потенциала к снижению выбросов углерода в атмосферу и загрязнением почв отходами металлургического производства на площадках складирования [2, 3].

В тоже время, основной компонент бетонов – сталеплавильный шлак который представляет собой побочный продукт, образующийся при производстве стали, а на площадках хранения шлаков в России накоплено около 450 миллионов тонн, в то время как его переработка составляет не более 5-10%. Большая часть стального шлака занимает площади сельскохозяйственных угодий и вызывает экологические загрязнения воздуха, почв и подземных вод.

Шлаки сталеплавильного производства характеризуются высоким содержанием CaO и MgO. В тоже время, тонко измельченный шлак проявляет слабые гидравлические свойства из-за отсутствия в нем трехкальциевых силикатов и аморфного SiO<sub>2</sub> [4, 5]. Таким образом, простая замена части портландцемента на молотый сталеплавильный шлак в композиционном вяжущем вызывает снижение прочностных и других эксплуатационных показателей [2, 4]. Кроме того, вяжущее на основе шлаков с высоким содержанием свободного MgO/CaO вызывает чрезмерное расширение и, следовательно, способствует объемному расширению, приводящему к неконтролируемому трещинообразованию.

Шлаки данного типа не рационально применять в качестве заполнителей для бетонных смесей. Из-за риска чрезмерного расширения и образования концентраторов внутренних напряжений при твердении в условиях переменного увлажнения и высушивания [4].

Целью проведенных исследований является получение бесцементных бетонов при производстве гиперпрессовых мелкоштучных изделий за счет твердения изделий в среде углекислого газа.

В исследованиях применяли шлак конвертерного производства Новолипецкого металлургического комбината (НМЛК). В таблице 1 представлен химический состав сталеплавильного шлака. Шлак фракции 0-10 мм, получаемый рассевом на ситах грохота.

Таблица 1

*Химический состав сталеплавильного производства НМЛК*

Химические компоненты сталеплавильного шлака								
MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	примеси
7,19	42,5	11,04	27,37	1,16	0,11	2,28	2,09	6,29

Шлак в основном состоит из окиси кальция, магния, железа и окиси кремния. В качестве примесей рассматриваются: окиси хрома, ванадия, титана, натрия и калия.

В качестве активатора твердения использовали углекислый газ.

Исследования проводили на образцах кубической формы 100×100×100 мм, отформованных на пресс машине при удельном давлении 450 кг/см<sup>2</sup>, влажность смеси шлака составляла 8-10%. Выдержка в камере с

**VI Национальная научно-практическая конференция «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА»**

углекислым газом 14 и 24 часа. Бетон подвергался карбонизационному отверждению с концентрацией  $\text{CO}_2$  99,4% и давлением 0,10 МПа в течение различной продолжительности (14 часов и 24 часа).

Степень прохождения реакции карбонизации определяли по перечным сколам образцов и обработкой поверхности 1% спиртовым раствором фенолфталеина, который окрашивает активный СаО в малиновый цвет.

В таблице 2 приведены прочностные показатели на сжатие образцов бетона активированные во влажном состоянии в среде  $\text{CO}_2$ .

Таблица 2

*Предел прочности на сжатие образцов бетона из шлака сталеплавильного производства НЛМК*

Индекс	Предел прочности (МПа) на сжатие в возрасте, час							
	24	168	672	примечание	24	168	672	примечание
	время выдержке в среде $\text{CO}_2$ 14 часов				время выдержке в среде $\text{CO}_2$ 24 часа			
С-1	11,4	15,9	21,7	трещин нет	34,7	44,6	50,8	трещин нет
С-2	10,5	14,9	20,1	трещин нет	33,1	44,0	50,6	трещин нет
С-3	10,7	15,2	20,6	трещин нет	32,9	43,7	49,7	трещин нет
С-4	11,0	14,9	21,3	трещин нет	33,8	44,6	48,9	трещин нет

Средняя компрессионная прочность образцов бетона после выдержки в камере с  $\text{CO}_2$  14 часов в возрасте 24 часа составляет 11,4 МПа, а аналогичные образцы бетона, выдержанные в камере с углекислым газом 24 часа, характеризуются прочностью 33,63 МПа, что в 2,95 раза выше.

С увеличением возраста отверждения до 28 дней при хранении образцов бетона в камере нормального твердения ( $T=25 \pm 2$  °С,  $W=90 \pm 3$  %) средняя прочность на сжатие и выдержке в среде углекислого газа 14 часов увеличилась относительно показателей при выдержке 24 часа до 20,93 МПа что составляет 183,6%. Бетоны, выдержанные в среде углекислого газа 24 часа и твердеющие 28 суток, показали среднюю прочность 50,00 МПа что составляет 148,6%.

Прочность на сжатие бетона, подвергнутого отверждению в газовой среде  $\text{CO}_2$  в течение 14 часов, была в 2,4 раз ниже, чем у соответствующего бетона при отверждении в газовой среде 24 часа в возрасте 28 суток набора прочности. Это связано с образованием карбонатов кальция, что и приводит к уплотнению микроструктуры бетона.

На основе индикаторного тестирования спиртовым 1,0% раствором фенолфталеина установлено, что поверхность сколов окрашивалась в возрасте 28 суток твердения на 78-83%, что подтверждает эффективность технологии по карбонизации бетонных образцов в среде углекислого газа под давлением. Это связано с уплотнением структуры бетона за счет образования карбонатов.

Выводы:

1. Проведенные исследования показали возможность получения гиперпрессовых мелкокоразмерных изделий на основе шлаков сталеплавильного производства.

2. Эффективный активатор набора прочности шлака – углекислый газ. В результате карбонизации сталеплавильного шлака в камере при повышенном давлении и определенной температуре выдержки образуется прочный искусственный камень.

3. Оптимальное время выдержки образцов в камере повышенного давления составляет 24 часа.

4. Максимальная средняя прочность бетона через 24 часа после карбонизации образцов бетона составляет 33,63 МПа.

5. Предварительная подготовка шлака сталеплавильного производства состоит в грохочении исходного материала с целью получения фракции 0-10 мм и последующей сушке до влажности 8-10%.

6. Гиперпрессование позволяет создать условия для улучшения контакта между грубыми частицами шлака и мелкокоразмерными и пылеватыми при оптимальной влажности в условиях ускоренной карбонизации шлака  $\text{CO}_2$ .

7. На основе сталеплавильного шлака способом ускоренной карбонизации можно изготавливать не только тротуарную плитку, но бесцементные стеновые полнотелые камни марок 25, 35 и 50.

8. Использование сталеплавильного шлака в качестве заполнителя по традиционной литевой или прессовой технологии при производстве строительных изделий не рекомендуется вследствие разрушения структуры бетона от напряжений, создаваемых при гидратации свободного  $\text{CaO}$  и перекала.

#### Список литературы

1. *Scrivener K.L., Kirkpatrick R.J. Innovation in use and research on cementitious material, Cem. Concr. Res. 28 (2008) pp. 128-136.*
2. *Romanenko I.I., Alexey Fadin A.I., Romanenko M.I. Carbonized Steel-Smelting Slag Is a Promising Raw Material for the Production of Artificial Concrete // Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment Materials Research Proceedings 21 (2022) pp. 28-31 <https://doi.org/10.21741/9781644901755-5>.*
3. *Monkman S., Shao Y., Integration of carbon sequestration into curing process of precast concrete, Can. J. Civ. Eng. 37 (2010) pp.302-310.*
4. *Unluer C., Al-Tabbaa A. Enhancing the carbonation of MgO cement porous blocks through improved curing conditions, Cem. Concr. Res. 59 (2014) pp. 55-65.*
5. *Muhmood L., Vitta S., Venkateswaran D. Cementitious and pozzolanic behavior of electric arc furnace steel slags, Cem. Concr. Res. 39 (2009), pp. 102-109.*

УДК 624.21(07)

## **АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОНАПОРНЫХ БАШЕН**

*Саксонова Елена Степановна, ст. преподаватель кафедры «Геотехника и дорожное строительство».*

*Денисов Иван Вячеславович, магистрант группы 21СТ3м*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза*

---

Выполнены инженерно-геологические изыскания геологического и геоморфологического строения, гидрогеологических условий территории, физико-механических и коррозионных свойств грунтов, для установления проектных значений параметров и других проектных характеристик сооружений, а также проектируемых мероприятий по обеспечению его безопасности.

*Ключевые слова: проектные решения, грунты, грунтовые воды, геологический разрез, гидрогеологические условия.*

Геологическое обследование грунта проводится при выборе участка для постройки, например, жилого дома или возведения любого другого сооружения. Целью инженерно-геологических изысканий является получение необходимых и достаточных материалов для комплексного изучения инженерно-геологических условий района проектирования, получение необходимых и достаточных данных для обоснования компоновки сооружений, для принятия конструктивных и объемно-планировочных решений; обоснование мероприятий инженерной защиты от негативных процессов и явлений.

Результаты инженерно-геологических изысканий достоверны и достаточны для установления проектных значений параметров и других проектных характеристик сооружений, а также проектируемых мероприятий по обеспечению его безопасности.

Рассмотрим изучение инженерно-геологических условий на примере строительства двух водонапорных башен для площадки №4 свинокомплекса в Пензенском районе Пензенской области

Задачами изысканий являлось изучение геологического и геоморфологического строения, гидрогеологических условий территории, физико-механических и коррозионных свойств грунтов. Для решения этих задач были выполнены полевые, лабораторные и камеральные работы. Объемы и виды выполненных работ приведены в таблице 1.

Скважины глубиной 15 м расположены по центру водонапорных башен с расстоянием между ними 20 м. Одна скважина глубиной 5 м пробу-

рена по оси трассы водопровода. По оси трассы подъездной автодороги пробурено 6 скважин глубиной по 5 м, с расстоянием между скважинами 223-290 м.

Таблица 1

*Объемы и виды выполненных работ*

Виды работ	Единица измерения	Объемы работ
Бурение скважин	скв./м	8/60
Отбор образцов ненарушенной структуры из скважин	проба	11
Отбор образцов нарушенной структуры	проба	25
Отбор образцов нарушенной структуры для определения коррозионной агрессивности к стали/бетону	проба	2/2

Образцы грунта ненарушенной структуры отбирались из скважин вдавливаемым грунтоносом.

Для определения пространственной изменчивости свойств грунтов по площади и по глубине из каждой выработки были отобраны образцы грунта ненарушенной структуры.

Пробы грунта нарушенной структуры отбирались для определения состава и состояния грунтов, коррозионной агрессивности грунта по отношению к бетону, стали. Пробы грунта ненарушенной структуры отбирались для определения физико-механических свойств грунтов.

В геоморфологическом отношении исследуемая территория приурочена к денудационной равнине раннеплейстоценового возраста ( $Q_1$ ).

В геоморфологическом отношении участок проектируемого строительства расположен в пределах склона водораздельной поверхности южной экспозиции, пересеченного пологими ложбинами стока. Поверхность участка ровная. Уклоны поверхности около 0,03.

Абсолютные отметки поверхности в пределах площадки водонапорных башен изменяются от 244,6 до 244,8 м по трассе водопровода от 244,8 до 247,0 м, по трассе автодороги от 237,7 до 244,6 м.

Грунтовые воды скважинами до глубины 5,0-15,0 м не вскрыты.

Тип местности по условиям увлажнения I (сухие места), таблица В.1 приложения В СП 34.13330.2012.

В геологическом строении исследуемого участка до разведанной глубины 5,0-15,0 м принимают участие четвертичные делювиальные и средне-четвертичные флювиогляциальные отложения днепровского оледенения ( $fQ_2d$ ). С поверхности залегают современный почвенный слой ( $pdQ_{IV}$ ).

Современный почвенный слой (ИГЭ-1), глинистый, мощностью 0,6-1,3 м, вскрывается всеми скважинами.

Четвертичные делювиальные отложения представлены суглинком.

Суглинок (ИГЭ-2) серовато-коричневый, ожелезненный, известковистый, с редкой дресвой. Делювиальные отложения, мощностью 0,5–4,4 м

распространены повсеместно. По трассам водопровода и автодороги делювиальные суглинки до глубины 5,0 м на полную мощность не пройдены.

Четвертичные флювиогляциальные отложения представлены песком.

Песок (ИГЭ-3) серовато-коричневый, мелкий кварцевый. Вскрыт скважинами №741, 742. Вскрытая мощность 13,0-13,2 м.

Категория сложности инженерно-геологических условий – II.

В основании проектируемых сооружений, трасс водопровода залегают суглинки и пески описание грунтов по элементам.

ИГЭ-1 Почвенный слой, суглинистый. Плотность почвы, рекомендуемая для расчетов 1,5 т/м<sup>3</sup>. По степени пучинистости при замерзании суглинистая почва пучинистая (группа III). Мощность 0,6-1,3 м.

ИГЭ-2 Суглинок тяжелый, полутвердый, (показатель текучести 0,20 д.ед.). Плотность грунта 1,97 т/м<sup>3</sup>, влажность на границе текучести – 0,24 д.ед. раскатывания – 0,11 д.ед. коэффициент пористости 0,54 дол. ед. Согласно лабораторным испытаниям, проведенным по методу «одной кривой» суглинок непросадочный. Относительная просадочность при нагрузке 0,3 МПа составила 0,001-0,002. По величине свободного набухания, равного 0,03, суглинок – ненабухающий. Модуль деформации грунта, рассчитанный по результатам лабораторных компрессионных испытаний, с переходным коэффициентом от лабораторных компрессионных испытаний к полевым опытным ( $m=2,8$ ), равен 16 МПа. Коэффициент  $m$  определен по результатам обработки полевых испытаний грунта штампом и лабораторных компрессионных испытаний для региона Пензенской области. Прочностные характеристики глины определены по результатам испытаний, проведенных по схеме: «консолидированно-дренированного» среза. По степени пучинистости при замерзании суглинок пучинистый (группа III), согласно приложению В, табл. В.7 СП 34.13330.2012. Мощность 0,5-4,4 м.

ИГЭ-3 Песок по грансоставу мелкий, малой степени водонасыщения ( $S_r=0,26$ ). Согласно лабораторным определениям коэффициент пористости песка равен 0,73 д. ед. – песок средней плотности. Прочностные и деформационные характеристики приведены по таблицам Б.1 приложения Б СП 22.13330.2011. Вскрытая мощность 13,0-13,2 м.

Основные выводы

1. Участок проектируемого строительства расположен в 3 км юго-западнее села Ермоловка Пензенского района Пензенской области.

2. В геоморфологическом отношении участок расположен в пределах склона водораздельной поверхности. Рельеф участка ровный, с абсолютными отметки поверхности от 237,1 до 247,0 м.

3. Современные физико-геологические процессы, неблагоприятные для строительства, на участке не проявляются.

4. В геологическом строении участка проектируемого строительства до разведанной глубины 5,0-15 м принимают участие четвертичные делю-

виальные суглинки и среднечетвертичные флювиогляциальные пески. С поверхности делювиальные отложения перекрыты современным почвенно-растительным слоем.

5. Грунтовые воды до глубины 5,0-15,0 м скважинами не вскрыты.

6. По потенциальной подтопляемости исследуемая территория относится к не подтопляемой.

7. Естественным основанием проектируемых водонапорных башен будут служить суглинки и пески. Рекомендуемые для расчетов характеристики грунтов приведены в таблице 2. Просадочными и набухающими свойствами при замачивании суглинки не обладают.

Таблица 2

*Рекомендуемые для расчетов характеристики грунтов*

№ ИГЭ	Плотность грунта, т/м <sup>3</sup>		Угол внутр. трения, градус		Удельное сцепление, кПа		Модуль деформации, МПа			
	Нормативное значение	Расчетное значение		Нормативное значение	Расчетное значение		Нормативное значение	Нормативное значение		
		0,85	0,95		0,85	0,95			0,85	0,95
ИГЭ-2	1,97	1,95	1,93	23	22	22	23	20	18	16
ИГЭ-3	1,64	1,63	1,62	28	28	25	-	-	-	28

8. Коррозионная агрессивность грунтов по отношению к стали высокая.

9. Грунты неагрессивны по отношению к бетонам всех марок.

10. По степени пучинистости при замерзании грунты ИГЭ-1 и ИГЭ-2 пучинистые (группа III), согласно приложению В, табл. В.7 СП 34.13330.2012. Нормативная глубина промерзания глинистых грунтов – 1,3 м.

11. Почвенный слой в качестве грунтов естественного основания водонапорных башен и в основании полотна автодороги использовать не рекомендуется. Прорезанный почвенно-растительный слой рекомендуется использовать для рекультивации.

12. Категории грунтов по трудности разработки рекомендуется принять по таблице 1-1 изменений и дополнений к ГЭСН 2001-01, выпуск 4, согласно следующим пунктам в зависимости от типа землеройных машин:

- почва – п. 9а;
- суглинок – 35в;
- песок – п. 29а.

Таким образом, качественно выполненный анализ геологического строения и гидрологических условий позволит разработать и принять правильные проектные решения для строительства двух водонапорных башен

для площадки свинокомплекса.

#### **Список литературы**

1. ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация.
2. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ.
3. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\*.
4. ГОСТ 5686-2012. Грунты. Методы полевых испытаний сваями\* – М.: Минрегион России, 2012.

УДК 005.6

## РАЗРАБОТКА ПАСПОРТА ПРОЦЕССА «ВНУТРЕННИЙ АУДИТ» НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «АТМИС-САХАР»

*Светалкин Евгений Михайлович, студент группы 22УК1м*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза*

---

Применение в организации системы процессов наряду с их идентификацией и взаимодействием, а также менеджмент процессов, направленный на получение желаемого результата, могут быть определены как «процессный подход».

В статье рассмотрен процесс «Внутренний аудит» и разработан паспорт процесса на предприятии ОАО «Атмис-сахар» г. Каменка.

*Ключевые слова: внутренний аудит, процессный подход, процесс.*

В соответствии с методологией, предусмотренной стандартами ИСО серии 9001:2015, процесс – это деятельность, направленная на достижение установленной цели, которая имеет количественное выражение – результат. Поэтому для реализации процессного подхода организационная система должна переориентироваться с функционального управления на управление результатами, совокупность которых позволит обеспечить повышение эффективности системы и конкурентоспособности предприятия [1].

Применение в организации системы процессов наряду с их идентификацией и взаимодействием, а также менеджмент процессов, направленный на получение желаемого результата, могут быть определены как «процессный подход».

Преимущество процессного подхода состоит в непрерывности управления, которое он обеспечивает на стыке отдельных процессов в рамках их системы, а также при их комбинации и взаимодействии.

При применении в системе менеджмента качества такой подход подчеркивает важность:

- понимания и выполнения требований;
- необходимости рассмотрения процессов с точки зрения добавляемой ими ценности;
- достижения запланированных результатов выполнения процессов и обеспечения их результативности;
- постоянного улучшения процессов, основанного на объективном измерении.

В соответствии с принципом процессного подхода каждый из внутренних процессов жизненного цикла продукции должен быть выделен и описан, т.е. построена его модель: после присвоения имени, идентификации выходных и входных потоков и управляющих воздействий назначается хозяин (владелец) процесса [2].

Требования процессного подхода к разработке, внедрению и поддержанию в рабочем состоянии системы управления качеством изложены в ГОСТ Р ИСО 9001:2015.

Внутренний аудит представляет собой систему целью которой является обеспечение эффективной работы производства. Сюда входит выявление недочетов и предложения по устранению ошибок, а также контроль за корректностью функционирования отдельных производственных процессов. Процесс внутреннего аудита в общей схеме процессов представлен на рисунке 1.



*Рисунок 1. Общая схема процессов*

Как видно из рисунка 1, процесс внутреннего аудита является частью процессов менеджмента.

Паспорт процесса включает в себя:

- входящие в процесс подпроцессы и ответственных за них;
- блок-схему процесса;
- внутренние документы, в соответствии с которыми протекает процесс;
- ресурсы – финансовые, людские, материальные (перечни используемых в процессе технологического оборудования, техники, транспорта, средств связи, помещений и т.п.);

- внешнее управление, т.е. перечни ГОСТ, ТУ, законодательных актов, распоряжения вышестоящих и контролирующих организаций и т.п.;
- внутренних поставщиков деятельности, ресурсов и других процессов;
- внутренних и внешних потребителей;
- показатели качества функционирования процесса – измеримые показатели, критерии качества процесса по каждому показателю, периоды мониторинга и анализа этих показателей;
- записи по качеству – их номенклатура и используемые формы, если записи по качеству применяются на практике [3].

Паспорт процесса производства представлен в таблице 1.

Таблица 1

*Паспорт процесса*

Паспорт «Внутренний аудит»	
1. Наименование документа, где содержится процедура, описывающая процесс	
СТО ОАО «Атмис-сахар» 5.92-2017	
2. Руководитель процесса	
Главный аудитор	
3. Владелец процесса	
Начальник отдела по качеству	
4. Время, место осуществления процесса	
Ежедневно, ОАО «Атмис-сахар»	
5. Участники процесса	
Начальник отдела по качеству, заведующий производственной лабораторией, инженер по качеству, главный аудитор, аудиторы	
6. Процессы, с которыми осуществляется взаимодействие	
6.1 На входе процесса	6.2 На выходе процесса
организация функционирования процессов; управление документами; управление персоналом; планирование производства; закупки; контроль закупленной продукции; документирование производственного процесса; идентификация продукции и прослеживаемость; мониторинг и измерение продукции в процессе производства; мониторинг и измерение готовой продукции; погрузочно-разгрузочные работы, хранение, упаковка, поставка	организация функционирования СМК; организация функционирования процессов; внутренний обмен информацией; анализ СМК со стороны руководства; управление персоналом; обеспечение рабочего пространства; обеспечение оборудованием; обеспечение транспортом и связью; планирование производства; закупки; корректирующие действия
7. Процедуры, по которым не определены процессы, но с которыми осуществляется взаимодействие	
7.1 На входе	7.2 На выходе
Анализ контракта, оснащение рабочих мест, обеспечение оборудованием, закупки	Идентификация продукции и прослеживаемость, изготовление продукции

Таким образом в работе разработан паспорт процесса, который упростит и улучшит рабочий процесс на предприятии ОАО «Атмис-сахар» г. Каменка.

#### **Список литературы**

1. *ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Система менеджмента качества. Требования. Введен в действие 2015-11-01. - М.: Стандартиформ, 2015. - 54 с.*
2. *Зинич Л.В., Кузнецова Н.А., Евдохина О.С. Совершенствование системы менеджмента качества на предприятии // Региональные проблемы преобразования экономики. 2021. – №11(133). – С. 97-103.*
3. *Чернов В.Д., Ахмедова М.Р., Поддубная М.Н. Проектный подход к разработке и внедрению систем менеджмента качества // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – №12-3. – С. 198-201.*

УДК 621.355:681.2

## ВСТРОЕННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ РАЗРЯДКИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

*Тимохин Сергей Викторович, профессор, д-р техн. наук, профессор кафедры  
«Технический сервис машин»*

*Пензенский государственный аграрный университет, Пенза*

---

*Зиновьев Кирилл Дмитриевич, студент группы 22ЭТМК1м*

*Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, Пенза*

---

В результате исследований предложен новый способ эксплуатационного контроля степени заряженности аккумуляторных батарей, с помощью встроенного прибора по напряжению при тестовой нагрузке. Представлена электрическая схемы прибора. В основном режиме прибор показывает силу тока и напряжение аккумуляторной батареи, а в режиме «Тест» прибор фиксирует уровень заряда АКБ.

*Ключевые слова: аккумуляторная батарея, заряд, электролит, степень разрядки, напряжение, контрольная лампа, электрическая схема.*

Введение новых требований правил дорожного движения, регламентирующих передвижение транспортных средств с включенными фарами ближнего света, повышенная загрузка дорог и, как следствие, заторы и пробки, увеличение числа и мощности потребителей электроэнергии приводят к тому, что при частой работе ДВС и генераторной установки на малых частотах вращения зарядно-разрядный баланс АКБ становится отрицательным и она разряжается. Эксплуатация АКБ с сильной степенью разрядки приводит к тому, что снижается напряжение бортовой сети и ухудшается работа электрооборудования, затрудняется или становится невозможным электростартерный пуск ДВС. Кроме этого эксплуатация АКБ с сильной степенью разрядки значительно сокращает ресурс ее работы, в связи с чем разработка встроенного прибора для контроля степени разрядки АКБ является актуальной.

Для оценки технического состояния аккумуляторной батареи в основном используют два метода, которые применяются в обслуживании и ремонте подвижного состава. Данные способы обеспечивают проверку состояния АКБ по двум разным параметрам:

- плотность электролита;
- напряжение батареи без нагрузки и под нагрузкой.

В процессе работы тракторной АКБ происходит ее попеременная зарядка и разрядка, что влияет на объем электролита и его концентрацию. Полностью заряженная АКБ имеет плотность электролита 1,27-1,28 г/см<sup>3</sup>.

При нормальной работе электрооборудования трактора (в особенности генераторной установки и реле-регулятора) в ходе эксплуатации плотность линейно снижается по мере разряда аккумуляторной батареи. В том числе показатель плотности  $1,20 \pm 0,01$  г/см<sup>3</sup> показывает о 50%-й разряженности аккумулятора МТА. При такой степени заряда уже рекомендуется выполнить дозаряд АКБ зарядным устройством. Если плотность электролита составляет  $1,13$  г/см<sup>3</sup>, это свидетельствует о потере аккумулятором 80% емкости и дальнейшая эксплуатация без подзаряда приведет к выходу из строя АКБ. Поэтому регулярные мероприятия по мониторингу уровня плотности электролита в АКБ и своевременная их подзарядка, необходима для их длительной и безотказной работе.

Для достоверной проверки работоспособности АКБ недостаточно ограничиться измерением напряжения, так как, возможно, что у аккумулятора сократилась емкость по причине длительной эксплуатации с неисправностями в системе электроснабжения трактора, и он становится не эффективен выдавать необходимую мощность для оптимальной работы стартера. Следовательно, для достоверной оценки работоспособности АКБ требуется проверить способность аккумулятора отдавать электрическую мощность под нагрузкой. Для стартерных АКБ сопротивление нагрузки выбирается исходя из их паспортной емкости.

Измерение плотности электролита – наиболее точный метод контроля уровня заряда АКБ, но плотность электролита невозможно проверить без вскрытия «банок», что не позволяет возможным непрерывное наблюдение за нужным параметром во время нахождения МТА на смене. К тому же электролит является опасным токсичным химическим веществом.

Измерение напряжения АКБ с помощью резистора дает достаточно достоверные данные о состоянии гальванического элемента и занимает процесс тестирования меньше времени, чем измерение плотности электролита в каждой секции аккумулятора. К тому же данный способ применим для всех типов аккумуляторных батарей – обслуживаемым, малообслуживаемым и необслуживаемым. Необслуживаемые АКБ не оснащены заливными отверстиями для электролита, поэтому, метод измерения плотности невозможен. Данный способ позволяют оснастить трактор автоматизированной системой проверки АКБ, при которой водитель машинно-тракторного агрегата, не выходя из кабины, может проверить батарею, а также реализовать автоматическую, периодическую проверку АКБ и своевременным сигнализированием о выходе параметров за пределы оптимальных требований.

Приборная панель большинства современных автомобилей и тракторов укомплектована одним или несколькими приборами для контроля работы системы электроснабжения. Этими приборами являются контрольная лампа работы генератора и зарядки АКБ, вольтметр и амперметр.

На всех автомобилях и тракторах (кроме вольтметра или амперметра) на панели приборов присутствует данная контрольная лампа, часто ее называют лампой «Зажигание». Лампа горит, когда через АКБ протекает ток разряда, то есть питание всех потребителей электроэнергии в автомобиле полностью или частично обеспечивается за счет АКБ, и не горит, когда через АКБ протекает ток заряда, то есть питание всех потребителей и вместе с этим заряд АКБ обеспечивается током, вырабатываемым генераторной установкой. Загорание лампы во время работы двигателя свидетельствует о недозаряде АКБ или о неисправности в других элементах системы электропитания: генераторе, регуляторе напряжения, реле включения лампы; также возможны плохой контакт в соединениях проводов и ослабление или обрыв ремня привода генератора.

Как видно из описания, недостатком такого способа проверки работы АКБ является большое количество разных причин, вызывающих загорание контрольной лампы, поэтому, таким методом получаем не достоверную информацию требуется использование дополнительных средств тестирования. Кроме того, способ контрольной лампы не сигнализирует о перезаряде АКБ, что может привести к вскипанию электролита.

На некоторых тракторах и легковых автомобилях для контроля напряжения в бортовой сети установлены штатные стрелочные вольтметры постоянного тока с растянутой шкалой. Вольтметры включаются параллельно с аккумуляторной батареей в момент включения зажигания и остаются подключенными до выключения зажигания, непрерывно показывая уровень напряжения АКБ.

Показания вольтметра: зеленая зона – нормальный режим зарядки АКБ. Ниже зеленой зоны свидетельствуют о разрядке, а выше зеленой зоны – о перезаряде, при этом контрольная лампа «зажигание» в первом случае горит, а во втором нет.

На грузовых автомобилях и тракторах для мониторинга зарядно-разрядного режима АКБ часто встречается специальный амперметр постоянного тока прямого включения с «нулем» посередине шкалы, подключенный между плюсом генераторной установки (ГУ) и плюсом АКБ. При исправной системе электроснабжения стрелка амперметра отклоняется вправо, показывая «+» значение тока, АКБ на зарядке. Но по показанию амперметра нельзя определить состояние аккумуляторной батареи: заряжена она полностью (поэтому нет тока зарядки) или разряжена, но зарядки нет вследствие низкого напряжения на выходе генераторной установки (нужна подстройка регулятора напряжения). Поэтому амперметр как единственный прибор контроля АКБ не достоверен и более эффективен в паре с вольтметром. Кроме того, недостаток применения амперметра – необходимость прокладки проводов большого сечения к амперметру на щитке приборов.



сторее VS1, выключатель режима «Тест АКБ» - кнопку РВ1, цифровой вольтметр PV, с переключателем входов SA1, предохранитель FU1, запоминающий конденсатор С1, амперметр РА с шунтом в виде участка силового минусового провода (от минусового наконечника до наконечника подключения к выключателю «Массы») и с цифровым четырехразрядным указателем измеряющим токи прямой и обратной полярности. Такое включение амперметра позволяет использовать его как для теста АКБ, так и для дополнительного контроля зарядно-разрядных процессов в системе электроснабжения.

Для контроля падения напряжения на элементах силовой цепи электростартера введены потенциальные провода от БУ до клеммы питания электродвигателя стартера и его корпуса. Подключение входа вольтметра к данному наконечнику и корпусу стартера позволит определить фактическое напряжение на нем и по разнице с напряжением АКБ определить суммарные потери.

#### **Список литературы**

1. Васенин А.С. Методы оценки степени заряженности аккумуляторных батарей / А.С. Васенин, А.Г. Шумков // Наука, образование и культура. – 2017. - №1(16). - С. 14-16.
2. Миронов Р.В. Результаты реализации технических решений по цифровому управлению электрооборудованием транспортных средств / Р.В. Миронов, К.М. Сидоров // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2021. – Т.12. - №3. – С. 33-35.
3. Родионов Ю.В. Совершенствование технического обслуживания тракторов и автомобилей: моногр./ Ю.В.Родионов, С.В. Тимохин. – Пенза: ПГУАС, 2021. – 168 с.

УДК 539.3: 624

## **К РАСЧЕТУ СЛОИСТЫХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С УЧЕТОМ ОРТОТРОПИИ ИХ МАТЕРИАЛОВ**

*Трещев Александр Анатольевич, чл.-корр. РААСН, профессор, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Строительство, строительные материалы и конструкции»*

*Тульский государственный университет, Тула*

---

В современном дорожном строительстве все чаще стали применяться высокопрочные полимерные и композитные материалы, обладающие повышенной жесткостью и сопротивлением истираемости. Многие дорожно-строительные материалы отличаются от традиционных изотропных, да и классический асфальтобетон после уплотнения покрытия все же приобретает ортотропную структуру. Кроме того, практически все материалы, используемые для дорожных одежд, проявляют зависимость жесткостных характеристик от вида напряженного состояния. Указанные два фактора практически не учитываются при деформационно-прочностном расчете дорожного полотна. В представленном материале предпринята попытка одновременного учета структурной ортотропии и деформационной анизотропии в модели многослойной дорожной одежды. Модель сформулирована в рамках нормированного пространства напряжений, связанного с главными осями ортотропии материалов слоев.

*Ключевые слова: дорожная одежда, композитные материалы, слоистая конструкция, деформационные свойства, структурная ортотропия, разносопротивляемость, податливость, асфальтобетон, полимеры, нормированные напряжения.*

В современных условиях ремонтно-строительных работ в дорожном хозяйстве все чаще применяются композитные материалы с добавками полимерных материалов [1–3]. Исследования деформационных свойств ряда монолитных дорожно-строительных материалов, например бетонов на минеральных и органических вяжущих веществах, показывают, что они в большинстве своем имеют разные модули деформаций при сжатии и растяжении. Это свойство особенно ярко проявляется у композитных материалов на основе полимеров, однако и у композиций на основе минеральных вяжущих оно выражается достаточно четко. Эти материалы не подчиняются классическим законам деформирования ввиду чувствительности их свойств от вида напряженного состояния [1]. Кроме того, технология уплотнения асфальтобетонного покрытия дорожными машинами такова, что преобладает их продольно направленное движение, а это зачастую создает ортотропную структуру дорожной конструкции. Экспериментальные исследования [4] показывают, что коэффициенты разносопротивляемости материалов  $k_j = E_j^+ / E_j^-$  (где  $E_j^\pm$  – модули деформаций на растяжение «+» и сжатие «-» вдоль оси  $j$ ) может изменяться в пределах от 0,27 до 1,92 [1]. Значение коэффициентов разносопротивляемости зависит от состава композиции,

вида и количества вяжущего, хаотического армирования, возраста материала, влажности и ряда технологических факторов.

В настоящее время при расчете дорожных одежд разносопротивляемость и структурная ортотропия композиционных монолитных материалов не учитывается. Однако, как показывают расчеты, общая податливость дорожной одежды при учете структурной и деформационной анизотропии может изменяться в довольно большом диапазоне. В частности, кривая, приведенная на рисунок 1, демонстрирует влияние  $k_j$  на изгибную жесткость однослойной одежды  $D$ . Так изменение этого коэффициента в интервале от 0,8 до 0,5 жесткость снижается на 55%.

Двойная градуировка на рисунок 1 свидетельствует о том, что одному значению жесткости могут соответствовать два значения коэффициентов разносопротивляемости – прямой и обратной [1]. Ясно, что если для расчета принять максимальный модуль деформаций материала в соответствующих направлениях ( $E_j^+$  или  $E_j^-$ ) и если принять минимальный, то расчетная жесткость дорожной конструкции будет отличаться от реальной и в некоторых случаях на значительную величину. В связи с этим возникает необходимость учета структурно-деформационных особенностей композитных дорожно-строительных материалов при расчете конструктивных слоев дорожной одежды.

Учитывая, что дорожные одежды всегда имеют многослойную конструкцию, важным представляется решение задачи для двухслойного покрытия с полным сцеплением слоев. Интенсивное движение с возрастающими осевыми нагрузками вызвали рост объемов строительства дорог на монолитных основаниях с повышенным межслойным сцеплением, обеспечиваемым конструктивными и технологическими приемами [3].

Здесь рассматривается простейшая техническая задача по деформационному расчету двухслойной дорожной конструкции в виде полосы толщиной  $h$  и шириной  $b$ , на автомобильную нагрузку (рисунок 2). Конечно, чистый изгиб полосы не строго моделирует сопротивление двухслойной дорожной одежды колесным нагрузкам от автомобиля, поэтому задача решается приближенно в модифицированном виде [1].

В качестве уравнений состояния приняты зависимости тензора деформаций и напряжений в главных осях ортотропии, сформулированные в нормированном пространстве [5]:

$$e_{ii} = C_{iiii}\sigma_{ii} + C_{ijjj}\sigma_{jj} + C_{iikk}\sigma_{kk}; \gamma_{ij} = C_{ijij} \tau_{ij} \text{ при } i \neq j, \quad (1)$$

где  $C_{iiii} = A_{iiii} + B_{iiii}\alpha_{ii} + 0,5[B_{iiii}\alpha_{ii}(1 - \alpha_{ii}^2) - B_{jjjj}\alpha_{jj}^3 - B_{kkkk}\alpha_{kk}^3 - B_{ijij}\alpha_{ij}^3 - B_{jkjk}\alpha_{jk}^3 - B_{ikik}\alpha_{ik}^3] + B_{ijij}\alpha_{jj}(1 - \alpha_{ii}^2 - \alpha_{ii}\alpha_{jj}) + B_{ijij}\alpha_{kk}(1 - \alpha_{ii}^2 - \alpha_{ii}\alpha_{kk}) - B_{jjkk}\alpha_{jj}\alpha_{kk}(\alpha_{jj} + \alpha_{kk});$

$$C_{ijij} = A_{ijij} + B_{ijij}(\alpha_{ii} + \alpha_{jj});$$

$$C_{iikk} = A_{iikk} + B_{iikk}(\alpha_{ii} + \alpha_{kk});$$

$$C_{ijij} = A_{ijij} - (B_{iiii}\alpha_{ii}^3 + B_{jjjj}\alpha_{jj}^3 + B_{kkkk}\alpha_{kk}^3) - 2[B_{iijj}\alpha_{ii}\alpha_{jj}(\alpha_{ii} + \alpha_{jj}) + B_{jjkk}\alpha_{jj}\alpha_{kk}(\alpha_{jj} + \alpha_{kk}) + B_{iikk}\alpha_{ii}\alpha_{kk}(\alpha_{ii} + \alpha_{kk})];$$

$$C_{ijkm} = C_{kmij}; (i \rightarrow j \rightarrow k = 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3); A_{kkkk} = (1 / E_k^+ + 1 / E_k^-) / 2;$$

$$B_{kkkk} = (1 / E_k^+ - 1 / E_k^-) / 2; A_{iijj} = -(v_{ij}^+ / E_j^+ + v_{ij}^- / E_j^-) / 2;$$

$$A_{ijij} = 1 / G_{ij}; A_{iijj} = -(v_{ij}^+ / E_j^+ + v_{ij}^- / E_j^-) / 2;$$

$$B_{iijj} = -(v_{ij}^+ / E_j^+ - v_{ij}^- / E_j^-) / 2; v_{ij}^+ / E_j^+ = v_{ji}^+ / E_i^+;$$

$$v_{ij}^- / E_j^- = v_{ji}^- / E_i^-; G_{ij}, v_{ij}^\pm - \text{модуль сдвига в главных плоскостях и}$$

коэффициенты поперечной деформации вдоль главных осей ортотропии;

$\alpha_{ij} = \sigma_{ij} / S$  – нормированные напряжения в пространстве главных осей ортотропии материала;  $S$  – норма тензорного пространства,  $S = \sqrt{\sigma_{ij}\sigma_{ij}}$ ;

$$\alpha_{ij}\alpha_{ij} = 1.$$

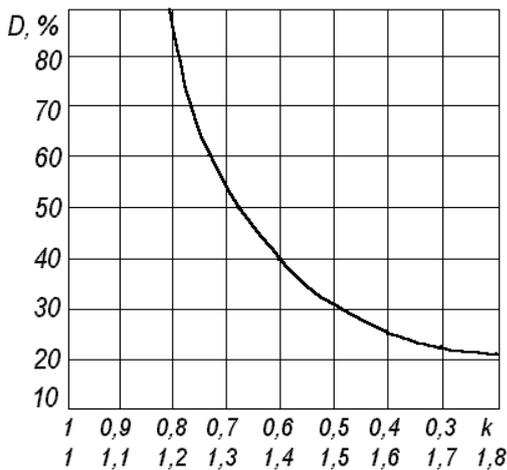


Рисунок 1. Влияние  $k_j$  на изгибную жесткость однослойной одежды  $D$

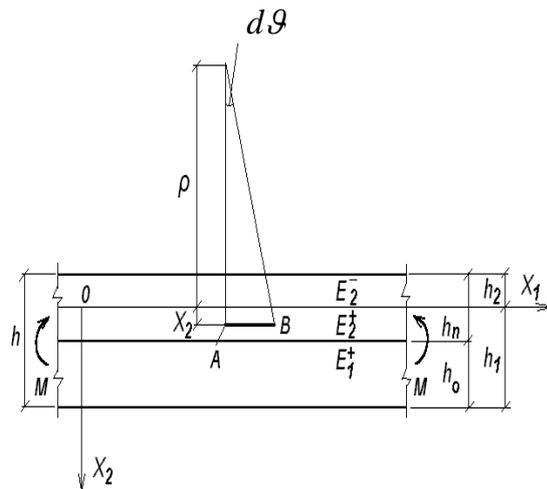


Рисунок 2. Деформационный расчет двухслойной дорожной конструкции в виде полосы толщиной  $h$  и шириной  $b$ , на автомобильную нагрузку

Поставленную задачу можно рассматривать как одномерную, когда в контакте слоев полностью обеспечено их сцепление. Очевидно, что основным направлением влияния механических характеристик является ось  $x_1$ , то модуль деформаций верхнего слоя (покрытия) –  $E_{1;2}^+$ ,  $E_{1;2}^-$ ; толщина –  $h_n$ , нижнего слоя (основания) соответственно –  $E_{1;1}^+$ ,  $E_{1;1}^-$ ,  $h_o$ . Значения  $h_1$  и  $h_2$  определяют положение нейтрального слоя поперечного сечения  $h \times b$ . Координатная ось  $Ox_1$  совпадает с нейтральным слоем сечения. При чистом

изгибе кривизна нейтрального слоя определится так:  $1/\rho = \mathcal{G}_{,1}$ . Относительные деформации слоя АВ (рисунок 2), удаленного от нейтральной оси на расстояние  $x_2$ , будут равны:  $e_{11} = x_2 \mathcal{G}_{,1} = x_2 / \rho$ , где  $\rho$  – радиус кривизны изогнутой нейтральной оси дорожной конструкции. На рисунке 2 рассмотрен случай расположения нейтральной оси в верхнем слое, когда растянутая зона захватывает часть слоя покрытия толщиной  $h_1 - h_o$  и слой основания толщиной  $h_o$ . В сжатую зону попадает оставшаяся часть покрытия толщиной  $h_2$ . Тогда напряжения в слоях этих двух зон вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned}\sigma_{11(1)}^+ &= E_{1;1}^+ x_2 / \rho \text{ при } h_1 - h_o < x_2 \leq h_1; \\ \sigma_{11(2)}^+ &= E_{1;2}^+ x_2 / \rho \text{ при } 0 < x_2 \leq h_1 - h_o; \\ \sigma_{11(2)}^- &= E_{1;2}^- x_2 / \rho \text{ при } -h_2 \leq x_2 < 0.\end{aligned}\quad (2)$$

Возникающие усилия сводятся к паре сил, а значит, уравнения равновесия приводятся к зависимостям:

$$\int_{-h_2}^0 \sigma_{11(2)}^- b dx_2 + \int_0^{h_1-h_o} \sigma_{11(2)}^+ b dx_2 + \int_{h_1-h_o}^{h_1} \sigma_{11(1)}^+ b dx_2 = 0; \quad (3)$$

$$\int_{-h_2}^0 \sigma_{11(2)}^- b x_2 dx_2 + \int_0^{h_1-h_o} \sigma_{11(2)}^+ b x_2 dx_2 + \int_{h_1-h_o}^{h_1} \sigma_{11(1)}^+ b x_2 dx_2 = M. \quad (4)$$

Объединяя физические уравнения (2) со статическими (3), (4), с учетом, что  $h = h_1 + h_2$ , при дальнейшем преобразовании, получим уравнения, связывающие деформационные и геометрические характеристики:

$$\begin{cases} h_2 = \sqrt{h_1^2 E_{1;1}^+ / E_{1;2}^- + (h_1 - h_o)^2 (E_{1;2}^+ - E_{1;1}^+) / E_{1;2}^-}; \\ h_1 = h - h_2. \end{cases} \quad (5)$$

Окончательно приходим к разрешающему уравнению:

$$[E_{1;2}^- h_2^3 + E_{1;1}^+ h_1^3 + E_{1;2}^+ (h_1 - h_o)^3 - E_{1;1}^+ (h_1 - h_o)^3] b / 3\rho = M. \quad (6)$$

Из этого уравнения определяется изгибная жесткость двухслойной дорожной конструкции из материала с двойкой анизотропией:

$$D = [E_{1;2}^- h_2^3 + E_{1;1}^+ h_1^3 + E_{1;2}^+ (h_1 - h_o)^3 - E_{1;1}^+ (h_1 - h_o)^3] b / 3. \quad (7)$$

Проинтегрировав уравнение (6) дважды с учетом граничных условий (при  $x_1 = 0$ :  $w_{,1} = 0$ ,  $w = 0$ ), для максимального прогиба получим:

$$w = Mx_1^2 / D. \quad (8)$$

Тогда для напряжений имеем:

$$\sigma_{11(1)}^+ = E_{1;1}^+ Mx_2 / D; \quad \sigma_{11(2)}^+ = E_{1;2}^+ Mx_2 / D;$$

$$\sigma_{11(2)}^- = E_{1,2}^- M x_2 / D. \quad (9)$$

Момент от колес автомобиля определится с учетом линейно деформируемого полупространства по формуле Горбунова-Посадова [2]:

$$M = P[0,0592 - 0,09284 \ln(r / L)] , \quad (10)$$

где  $r$  – радиус круга равновеликого отпечатку колеса автомобиля;

$P$  – нагрузка на колесо;

$L$  – упругая характеристика дорожной конструкции;

$$L = \sqrt{2D(1 - \nu_{ro}^2) / E_{ro}} ;$$

$E_{ro}$  – модуль деформаций подстилающего слоя грунтового основания;

$\nu_{ro}$  – коэффициент Пуассона грунта;

$D$  – изгибная жесткость дорожной одежды (7).

Данная методика существенно уточняет расчет жестких и полужестких дорожных одежд путем учета двоякой анизотропии монолитных композитных материалов.

#### **Список литературы**

1. Кожухов, А.Г. Учет деформационных особенностей композиционных материалов при расчете дорожных одежд / А.Г. Кожухов, К.Г. Кожухов // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. – 1989. - № 11. – С. 101 – 104.
2. Глушков, Г.И. Жесткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог / Г.И. Глушков, В.Ф. Бабков, И.А. Медников – М.: Транспорт, 1987. – 255 с.
3. Михович, С.И. Повышение прочности междуслойного сцепления при ремонте дорожных покрытий / С.И. Михович, М.С. Стороженко, Е.Д. Прусенко // Автомобильные дороги. – М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. – 1987. – Вып. 1. – 48 с.
4. Трещев, А.А. Теория деформирования и прочности разносопротивляющихся материалов / А.А. Трещев. – Тула: ТулГУ, 2020. 359 с.
5. Трещев, А.А. Вариант модели деформирования ортотропных композитных материалов / А.А. Трещев, Ю.А. Завьялова, М.А. Лапина // Эксперт: Теория и практика (Научно-практический журнал). – Тольятти: АНО «Институт судебной строительно-технической экспертизы» – 2020. – №3(6). – С. 62 – 68.

УДК 005.6

## РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРИМЕРЕ АО «РАДИОЗАВОД»

*Троцев Дмитрий Владимирович, студент группы 22УК1м  
Жегера Кристина Владимировна, доцент, канд. техн. наук, доцент  
кафедры УКиТСП*

*Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, Пенза*

---

В статье приведены сведения о необходимости разработки внедрения процессов системы менеджмента на предприятиях. Применение системы менеджмента является стратегическим решением для организации, которое может помочь улучшить результаты ее деятельности и обеспечить прочную основу для инициатив, ориентированных на устойчивое развитие. В качестве объекта исследования выбрано одно из пензенских предприятий по производству продукции военного и гражданского назначения АО «Радиозавод». На примере разработки процесса «День качества. Организация и порядок проведения» в организации АО «Радиозавод» рассмотрены основные этапы его проектирования: разработка схемы процессов, функционирующих на предприятии, составление Паспорта процесса, разработка раздела в главном документе предприятия - Руководства по качеству.

*Ключевые слова: система менеджмента, процесс, день качества, схема, паспорт процесса, руководство по качеству.*

В современном мире качество производимых товаров или оказываемых услуг является одним из основных факторов успеха предприятий, влияющих на его конкурентоспособность. Поэтому, стремясь повысить свою конкурентоспособность предприятие часто забывает об обеспечении безопасности продукции. В связи с этим, наличие на предприятии системы качества важно, т.к. ее наличие гарантирует выпуск не только качественной, но и безопасной продукции. В условиях постоянной конкуренции изготовитель стремится добиться стабильного качества своей продукции (услуги), используя доступные инструменты, апробированные ранее на мировых рынках. Одним из таких инструментов является система менеджмента, комплексно охватывающая все аспекты деятельности предприятия и получившая широчайшее распространение и признание во всем мире [1-3].

Применение системы менеджмента является стратегическим решением для организации, которое может помочь улучшить результаты ее деятельности и обеспечить прочную основу для инициатив, ориентированных на устойчивое развитие. Рассмотрим разработку документации процесса системы менеджмента на примере одного из Пензенских предприятий по производству оборонной и гражданской продукции – АО «Радиозавод».

АО «Радиозавод» располагает развитой инфраструктурой, объединяет проектно-конструкторские, производственные, маркетинговые, сервисные

службы и успешно функционирует на рынке наукоемкой высокотехнологичной продукции. Предприятие имеет современные виды оборудования и технологии для обеспечения многономенклатурного производства, что позволяет быстро подготовить производство к выпуску новых видов продукции.

Система менеджмента качества сертифицирована применительно к разработке, производству, ремонту и обслуживанию продукции ВВТ и соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015, СРПП ВТ, ГОСТ РВ 15.002-2003 (сертификат соответствия №6300.310543/RU от 25.12.2006 г.), а также применительно к разработке, производству, ремонту и обслуживанию продукции народнохозяйственного назначения и соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2001 (сертификат соответствия «00186/RU от 25.12.2006 г.) [4].

На данном предприятии проходит «День качества», но данный процесс не задокументирован. Из этого можно выделить цель данной работы: проектирование процесса системы менеджмента «День качества. Организация и порядок проведения» на предприятии АО «Радиозавод» в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2015.

Данный процесс устанавливает метод управляющего воздействия на уровень качества процессов и продукции, а также организацию и порядок работы постояннодействующей комиссии по качеству.

На дне качества (ДК) осуществляется контроль, анализ и оценка работы каждого подразделения, а также рассматриваются следующие вопросы:

- итоги работы цеха за прошедший месяц;
- анализ качества труда подразделения;
- выполнение организационно-технических мероприятий по повышению качества продукции;
- результаты анализа возвратов ОКК, рекламационных актов, отказов выпускаемой продукции;
- выполнение и оценка эффективности решений и мероприятий предыдущего ДК.

На рисунке 1 приведена примерная схема процессов, функционирующих на АО «Радиозавод». Проектируемый процесс добавит блок «День качества. Организация и порядок проведения».

С целью документирования процесса предложен раздел Руководства по качеству предприятия «День качества. Организация и порядок проведения»:

### **15.8 День качества. Организация и порядок проведения**

15.8.1 Целью проведения Дня качества (ДК) является установление метода управляющего воздействия на уровень качества процессов и продукции.

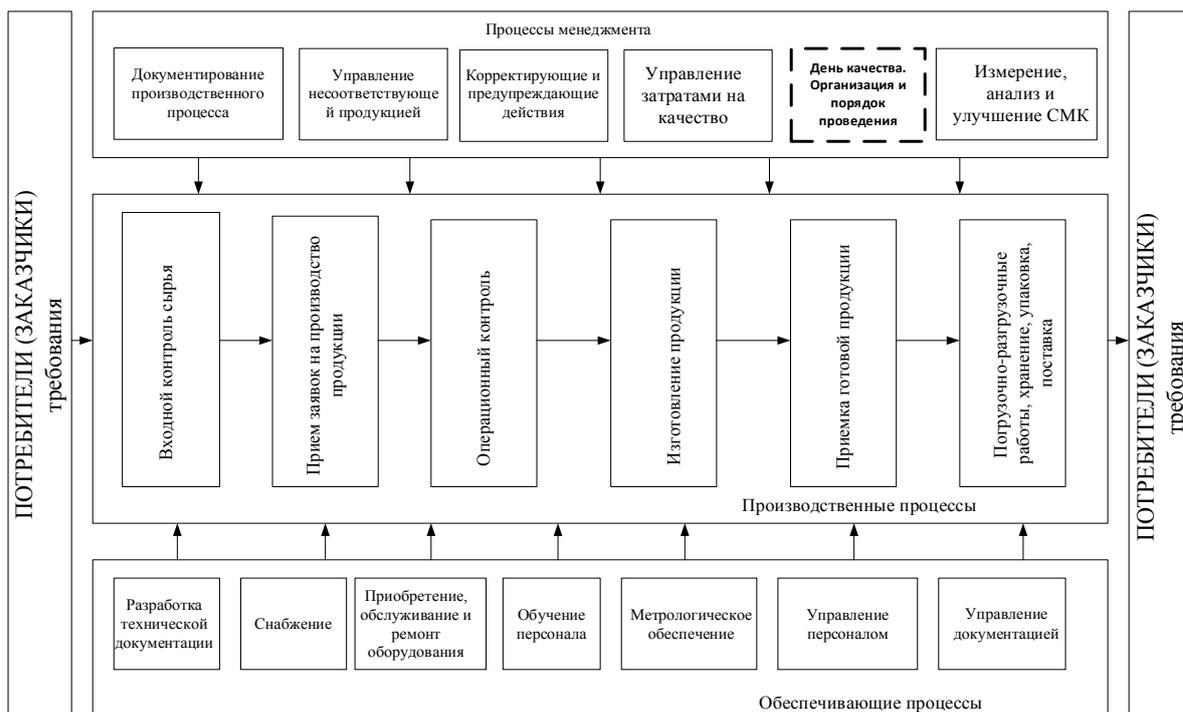


Рисунок 1. Схема процессов, функционирующих на АО «Радиоавтомобильный завод»

<b>Паспорт процесса «День качества. Организация и порядок проведения»</b>	
1 Наименование документа, где содержится процедура, описывающая процесс	
СТО СМК 15.8-2023	
2 Руководитель процесса	
Генеральный директор	
3 Владелец процесса	
Начальник ОКК	
4 Время, место осуществления процесса	
1 раз в месяцев, АО «РАДИОЗАВОД», г. Пенза	
5 Участники процесса	
Начальник цеха, представители ОКК, старший мастер	
6 Процессы, с которыми осуществляется взаимодействие	
6.1 На входе процесса	6.2 На выходе процесса
Организация функционирования СМК; Управление документами; Анализ удовлетворенности потребителей; Управление несоответствиями	Управление документами; Анализ удовлетворенности потребителей; Управление несоответствиями
7 Процедуры, по которым не определены процессы, но с которыми осуществляется	
7.1 На входе	7.2 На выходе
Данные о проблемах в работе цеха	Проблемы в работе цеха устранены

Рисунок 2. Паспорт процесса

15.8.2 Для обеспечения системности и упорядоченности деятельности по организации и проведению ДК необходимо:

- собрать постояннодействующую комиссию по качеству;
- проанализировать и оценить работу каждого производственного подразделения.

15.8.3 Источники информации об состоянии качества труда и выпускаемой продукции находятся у начальника цеха (подразделения).

15.8.4 ДК проводится один раз в месяц, анализируется, и хранится у начальника цеха (подразделения) в соответствии с СТО СМК 15.8-2023.

15.8.5 В результате осуществления процесса разрабатывается протокол ДК, подписанный начальником цеха и представителем ОТК, который хранится у ответственного лица подразделения.

15.8.6 Подробный механизм ДК описан в СТО СМК 15.8-2023.

Кроме того, разработан Паспорт процесса (рисунок 2), включавший такие элементы как: наименование процесса, руководитель процесса, владелец процесса, время и место осуществления процесса, а также документы, поступающие на вход и передаваемые на выходе процесса.

Таким образом, в работе разработаны ряд документов, которые упростят организацию работы при проектировании и внедрении процесса системы менеджмента «День качества. Организация и порядок проведения» на предприятии АО «Радиозавод».

#### **Список литературы**

1. Усик Н.И., Белоруков А.Э., Василенок А.В. Важность системы менеджмента качества на предприятиях // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2016. – №4. – С. 70-77.
2. Зинич Л.В., Кузнецова Н.А., Евдохина О.С. Совершенствование системы менеджмента качества на предприятии // Региональные проблемы преобразования экономики. 2021. – №11(133). – С. 97-103.
3. Жегера К.В., Фурасьева Н.А. Проектирование процесса системы менеджмента качества «Управление документацией» // E-Scio. 2018. – №5(20). – С. 87-94.
4. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Система менеджмента качества. Требования. Введен в действие 2015-11-01. - М.: Стандартиформ, 2015. - 54 с.

УДК 624.131.221

## ОБЗОР ИНЪЕКЦИОННЫХ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

*Филяева Вера Вадимовна, магистрант направления 08.04.01*

*«Строительство»;*

*Панкина Мария Вячеславовна, ст. преподаватель кафедры геотехники  
и дорожного строительства*

*Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, Пенза*

---

Одной из существенных проблем при износе зданий является проявление трещин в железобетоне, которые приводят к потере прочности и работоспособности конструкций. В данной статье рассмотрен метод инъектирования – один из современных способов усиления, позволяющий восстановить потерянную несущую способность, а также улучшить гидроизоляционные свойства материала. Рассмотрены виды инъекционных материалов, условия их применения, а также изучен процесс непосредственного инъектирования конструкций.

*Ключевые слова: инъектирование, усиление конструкций, железобетонные конструкции, устранение трещин, дефекты в конструкциях, гидроизоляция.*

У конструкций из бетона и железобетона основным дефектом являются трещины. Количеством и распространением последних определяются ресурс работы и надежность конструктивных элементов. Для сохранения работоспособного состояния железобетонных конструкций следует не допускать предельного нормативного значения раскрытия трещин.

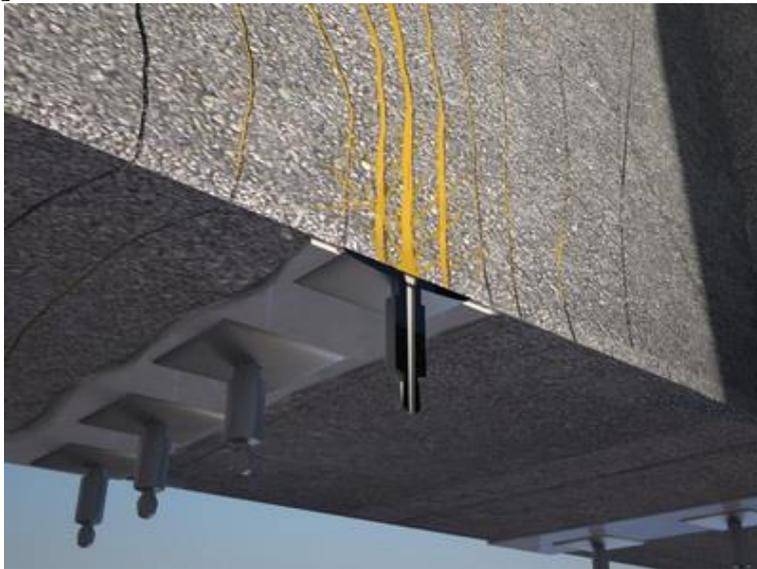
Влажность является основной причиной коррозии бетона в гаражах, мостах, промышленных объектах и т. д. Жидкость просачивается через трещины или вышедшие из строя соединения и обычно содержит коррозионно-активные вещества и хлориды, ведущие к деформациям материала конструкции. Указанное дополнительно вызывает щелоче-кремнеземистую реакцию в бетоне, ускоряющую процессы разрушения [1, 2].

Существуют методы восстановления прочности бетона, на котором имеются признаки вышеописанных деформаций, позволяющие избежать сноса и перестройки сооружения.

Выбор мер, применяемых для усиления конструкций, зависит от уровня раскрытия и места расположения трещин, а также характера других дефектов и повреждений. Чтобы осуществлять проектирование, нужна информация о техническом состоянии, статическая схема и сведения о действующих на конструкции нагрузках.

Одним из популярных современных методов являются инъекции специальных полимерных составов под определенным давлением в пустоты, трещины, соединительные швы железобетонной конструкции (рисунок 1).

Состав имеет высокий уровень прочности, обеспечивает надежное сцепление с бетоном, кирпичом или сталью. Известны случаи усиления деревянных зданий [3].



*Рисунок 1. Трещины в конструкции, заполненные полимерным составом*

Инъектирование является универсальным вариантом достижения нужного результата и применяется:

- при заполнении трещин стен;
- для устранения дефектов напольных покрытий;
- при устранении деформаций швов помещения;
- для горизонтальной гидроизоляции домов и промышленных комплексов;
- для гидроизоляции фундаментов;
- для ликвидации протечек в строениях.

Встречаются случаи усиления. Отдельно выделяется направление закрепления грунтов и усиления фундамента методом инъектирования [4].

Наполнителями могут служить синтетические (эпоксидные или полиуретановые) смолы, акрилатные гели, кремнийорганические соединения и полимерцементные смеси. Для заполнения пустот стен и оснований фундамента применяются бетонные растворы и цементосодержащие смеси, которые существенно ниже по стоимости в сравнении с полимерными наполнителями. Выделяют три группы составов, используемых непосредственно для инъектирования.

Полиуретановые смеси активно применяются для гидроизоляции, так как полимер практически не впитывает влагу. Состав используется для обработки различных проемов, которые постоянно подвержены сырости, а также для удаления трещин в системах водопровода или канализационных коммуникациях.

Смесь на основе эпоксидных смол отличается высокой износостойкостью используется при инъектировании фундамента или трещин толщиной до 0,5 мм [5]. После инъекций восстанавливаются несущие способности бетонных конструкций.

Составы с полимерцементной основой рекомендуется использовать, когда требуется закачивание пространства значительного объема. Смесь позволяет повысить плотность бутового фундамента, а также бетона.

Трещины необходимо обрабатывать в случае, если они представляют потенциальную угрозу долговечности арматуры или вызывают недопустимые утечки. Если причиной образования дефектов становится коррозия арматурной стали или если после ремонта ожидается подвижка бетона, закачка эпоксидной смолы не является решением проблемы [8].

Для успешного инъектирования в первую очередь очищается поверхность бетона, удаляется рыхлый материал и загрязнения. Трещина продувается чистым сухим воздухом для свободного затекания смолы. Устанавливаются накладные инжекторные порты (рисунок 2). Временная эпоксидная паста для герметизации наносится на поверхность между портами и вокруг до начала процесса впрыска.

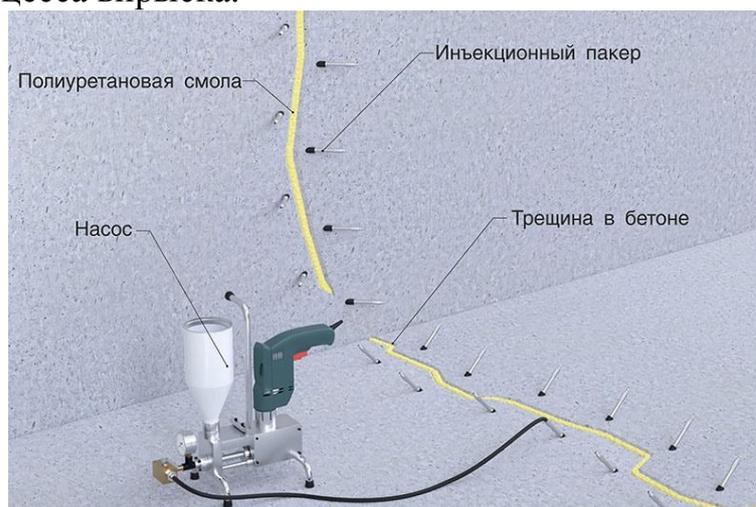


Рисунок 2. Процесс инъектирования

Поскольку прочность сцепления эпоксидной смолы с бетоном выше, чем прочность последнего на растяжение, введение эпоксидной смолы может восстановить структурную целостность бетона при нанесении на трещины шириной 0,05 мм и более.

Неглубокие трещины в бетоне на горизонтальных поверхностях, таких как настилы мостов или пирсов, возможно отремонтировать самотеком с использованием эпоксидных смол или метакрилата с высокой молекулярной массой. Оба материала имеют относительно низкие вязкость и поверхностное натяжение, поэтому проникают в трещины шириной до 0,05 мм без давления на смолу.

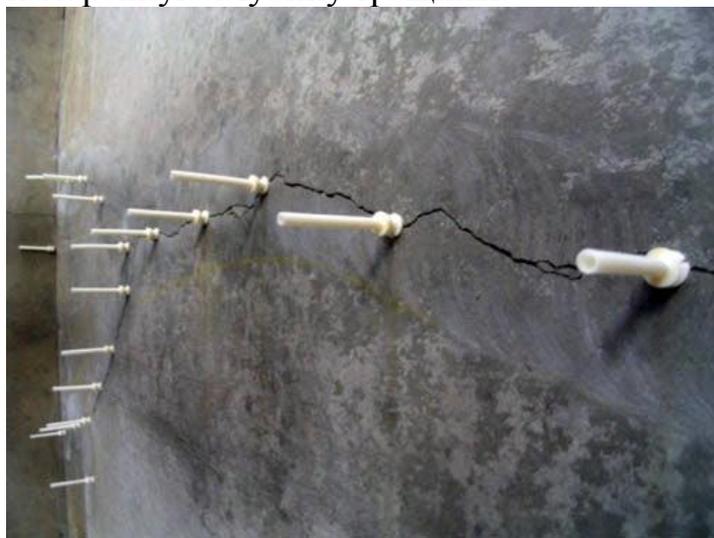
Значительные по ширине дефекты, которые невозможно заделать со всех сторон, требуют инъекционный материал в виде пасты, обладающей высокой вязкостью.

Ремонт железобетонных конструкций выполняется с использованием пневматических пистолетов, ручных систем подачи, пружинных или баллонных капсул, одно- или двухкомпонентных инъекционных электрических или пневматических насосов.

На трудоемких и значительных по размеру объектах рекомендуется использовать двухкомпонентный насос с объемным вытеснением и дозирующими возможностями. После калибровки эпоксидные материалы смешиваются в надлежащем соотношении в статическом смесителе непосредственно перед входом в трещину.

Как правило, для подготовки поверхности достаточно зачистить проволочной щеткой и пропылесосить поверхность трещины на полосе шириной 5,0 см вдоль трещины. В некоторых случаях для доступа к забитым трещинам может потребоваться промывка под давлением, шлифовка или нарезание V-образных канавок.

Инъекционные порты, установленные на поверхности, подходят для инъектирования большинства трещин. Там, где поверхность трещины заблокирована или ширина трещин составляет 3,0 мм и более, порты пластиковых трубок вставляются непосредственно в открытые трещины (рисунок 3) или заделываются в отверстия, просверленные для пересечения трещин. Инъекционные порты обычно устанавливаются на расстоянии, равном или превышающем измеренную глубину трещины.



*Рисунок 3. Установка инъекционных портов*

После установки портов на поверхность трещины наносится временная эпоксидная паста для герметизации трещин. Чтобы удержать эпоксидную смолу, пока она не затвердеет, рекомендуется заделывать трещины со всех сторон бетонного элемента. Инъекция эпоксидной смолы всегда начинается с самой низкой отметки. Как только эпоксидная смола выходит из

следующего более высокого порта, текущий порт закрывается, и впрыск продолжается из порта, через который вышла эпоксидная смола. Процесс продолжается таким образом до тех пор, пока не будут введены все порты. Типичное давление впрыска составляет от 350,0 до 700,0 кПа. Для мелких трещин допускается давление 1,4 МПа и выше при условии, что заделка трещины не повреждена высоким давлением. Повышение температуры окружающей среды и смолы влияет на снижение вязкости и требует меньшего давления. Незначительные утечки эпоксидной смолы через микротрещины заделываются парафиновым воском. Как только герметик достаточно затвердевает, эпоксидная паста для герметизации трещин удаляется с поверхности бетона.

Меры по контролю качества, обеспечивающие достаточное устранение трещин, включают:

- визуальное наблюдение за процессом нагнетания;
- лабораторные испытания эпоксидной смолы;
- испытание оборудования для нагнетания на соотношение смеси под давлением;
- оценку образцов керна, отобранных через нагнетаемую трещину;
- испытания поперек ремонтируемых трещин с использованием методов неразрушающего контроля, таких как скорость ультразвукового импульса, ударное эхо или спектральный анализ поверхностных волн.

Все строительные материалы со временем начинают разрушаться и нуждаются в ремонте. Инъекционные технологии являются оптимальным и доступным способом восстановления прочности бетонов и продления сроков службы конструкции без необходимости остановки технологических процессов или сноса здания.

#### **Список литературы**

1. Брыков, А. С. Щелоче-кремнеземные реакции, щелочная коррозия портландцементных бетонов и пуццолановые добавки - ингибиторы коррозии / А. С. Брыков, М. Е. Воронков // Цемент и его применение. – 2014. – № 5. – С. 87-94.
2. Влажностные деформации бетона, подверженного щелочной коррозии. Модель процесса / Е. В. Королев, А. Н. Гришина, А. В. Михеев, В. А. Гладких // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 4(81). – С. 134-143.
3. Валуйский, О. А. Использование полимерных составов для устранения дефектов деревянных зданий историко-архитектурной ценности / О. А. Валуйский, А. В. Котцов, И. А. Спирин // Наука и молодежь: мат. XIX Всерос. науч.-техн. конф., Барнаул, 18–22 апреля 2022 года. Том 1. Часть 2. – Барнаул: Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова, 2022. – С. 87-89.
4. Калач, Ф. Н. Оценка эффективности использования технологии инъекционного укрепления слабых грунтов в основании фундаментов мелкого заложения саморасширяющимися растворами / Ф. Н. Калач // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 62-77.
5. Белых, А. Н. Восстановление и повышение характеристик бетона с помощью эпоксидной смолы: метод инъектирования бетона / А. Н. Белых, И. А. Астахов, Р. А. Ткач // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 11(125). – С. 71-73.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗМОЛОТЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ СУХОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ**

*Фролов Михаил Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры  
теплогазоснабжения и вентиляции*

*Журавлева Елена Алексеевна, бакалавр группы 19СТ21*

*Фурасьева Наталья Борисовна, бакалавр группы 19СТ21*

*Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, Пенза*

---

Согласно закону сродства структур, использование в составе отделочных составов материалов, близких по структуре к подложке, позволяет повысить сродство структуры получаемого покрытия с данным основанием. Предложено использовать и обоснована целесообразность использования размолотых отходов производства газобетона в теплоизоляционном отделочном составе, предназначенном для наружной отделки стен из газобетона. Определена оптимальная дозировка газобетона и время помола отходов производства газобетона. Установлено, что использование размолотых отходов газобетона позволяет повысить прочность сцепления отделочного покрытия с газобетоном на 34% и достигнуть марки по морозостойкости F35 как для самих композитов, так и контактной зоны покрытие-газобетон.

*Ключевые слова: газобетон, известь, морозостойкость, сродство структур, тонкость помола, адгезионная прочность, сухие строительные смеси.*

Из-за повышения требований к тепловой защите стен значительно увеличилась объем использования газобетона при строительстве зданий различного функционального назначения [1]. Наиболее широко газобетон используется при строительстве как частных, так и многоквартирных жилых домов. Важно отметить, что при производстве газобетона образуются значительные объемы отходов, таких как сырец от калибровки и дробленый брак. Отходы складываются на заводах по производству газобетона, занимают полезную площадь и, как правило, никак не используются. Поэтому важной задачей является разработка новых эффективных технологий переработки этих отходов.

Согласно закону сродства структур, использование материалов, близких по структуре, повышает сродство структуры отделочных покрытий и оснований [2, 3]. В статье рассматривали возможность эффективного применения размолотых отходов производства газобетона (РОПГ) в составе теплоизоляционной сухой строительной смеси (ССС). Предполагали, что использование РОПГ в рецептуре разрабатываемых отделочных составов, позволит существенно улучшить сродство структуры получаемого покрытия и подложки – газобетона.

В ходе ранее проведенных исследований разработаны рецептура ССС, включающая в себя известь-пушонку, цемент, силикатную добавку, модифицирующие добавки специального функционального назначения, полые микросферы [4].

Отходы производства газобетона размалывали с использованием мельниц различной конструкции (таблица 1).

Таблица 1

*Свойства размолотых отходов производства газобетона*

Конструкция мельницы	Время помола, мин	Удельная поверхность РОПГ $S_{уд}$ , $m^2/kg$	Средний размер частиц РОПГ
Шаровая мельница	30	475	6,9
	60	635	4,8
	240	645	4,7
Дисковая вибрационная мельница	10	1082	2,6

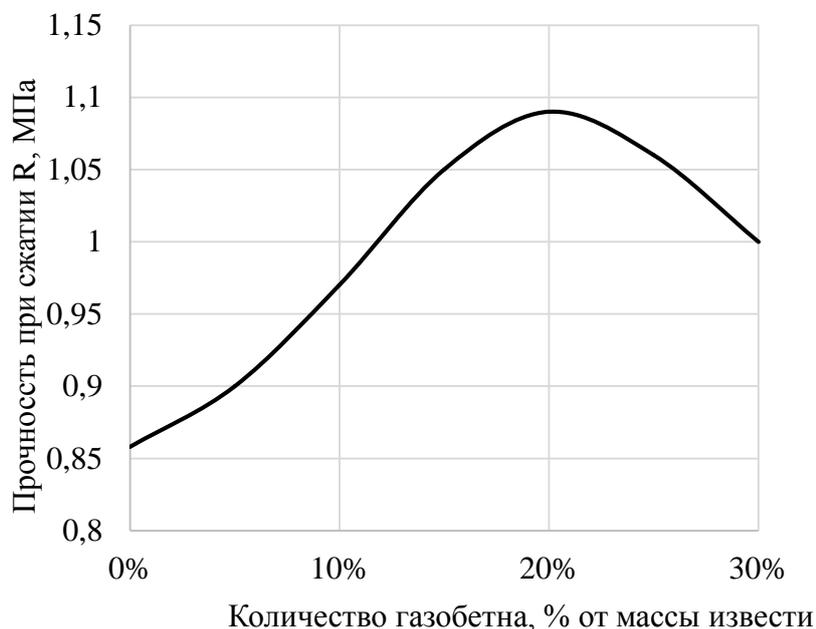
В ходе помола в течение 30 минут удалось получить РОПГ с удельной поверхностью  $S_{уд}=475 m^2/kg$ , в ходе помола в течении 1 часа удельная поверхность РОПГ составила  $S_{уд}=635 m^2/kg$ , при дальнейшем помол в течение 4 часов удельная поверхность увеличилась до  $S_{уд}=645 m^2/kg$ . Для дальнейшего увеличения тонкости помола РОПГ использовали дисковую вибрационную мельницу. Спустя 10 минут помола удельная поверхность молотого газобетона составила  $S_{уд}=1082 m^2/kg$ . В работе использованы РОПГ с удельной поверхностью  $S_{уд}=635 m^2/kg$  т.к. после 1 часа значительно уменьшилась скорость роста удельной поверхности  $S_{уд}$ , а долгий помол связан со значительными энергозатратами. При этом использование дисковых вибрационных мельниц при помоле отходов газобетона на заводах затруднено, так как их производительность значительно ниже шаровых мельниц.

Для выбора оптимальной дозировки РОПГ оценивали влияние его дозировки на прочность известковых композитов. Результаты исследований приведены на рисунке 1.

Анализируя рисунок 1, установили, что максимальный прирост прочности наблюдается при использовании РОПГ в количестве 20% от массы извести. В дальнейшем использовали РОПГ в данном процентном содержании.

В ходе исследования адгезии штукатурных покрытий с газобетоном определяли величину прочности сцепления покрытия с газобетоном. Установлено, что использование РОПГ позволяет повысить адгезионную прочность получаемых покрытий и газобетона. Прочность сцепления отделочных покрытий с газобетоном составила  $R_{адг}=0,53$  МПа, введение РОПГ увеличило прочность сцепления в 1,34 раза до  $R_{адг}=0,71$  МПа. Покрытия, полу-

ченные с использованием РОПГ согласно ГОСТ 11118-2009 можно рекомендовать к использованию, т.к. адгезия к ячеистому бетону отделочных покрытий не менее 0,6 МПа [5].



*Рисунок 1. Зависимость прочности при сжатии известковых композитов от содержания РОПГ*

Для оценки способности покрытий противостоять воздействию влаги и исследования их долговечности определяли морозостойкость образцов покрытий методом попеременного замораживания и оттаивания. Исследования проводили на образцах размером 0,07×0,07×0,07 м после 28 суток воздушно-сухого твердения. Результаты испытаний сведены в таблицу 2.

Таблица 2

*Морозостойкость теплоизоляционных покрытий*

Состав	Результат испытаний образцов, циклы					
	0	10	15	25	35	50
ССС с использованием РОПГ	4,08	<u>4,06</u> <sup>*</sup> 0,5	<u>4,02</u> 1,5	<u>3,93</u> 3,7	<u>3,84</u> 5,9	<u>3,60</u> 11,8
ССС без использования РОПГ	4,10	<u>4,08</u> 0,5	<u>4,04</u> 1,5	<u>3,98</u> 2,9	<u>3,88</u> 5,4	<u>3,66</u> 10,7

*Примечание. \* Над чертой – прочность при сжатии  $R_{сж}$ , МПа, под чертой – изменение прочности при сжатии, %*

Установлено, что введение в рецептуру РОПГ не оказывает существенного влияние на морозостойкость образцов покрытий на основе разработанной ССС. Выявлено, что марка на морозостойкость по сжатию исследованных композитов равна F35. После 35 циклов попеременного замораживания-оттаивания прочность на сжатие образцов уменьшилась более чем на 10 %.

Согласно ГОСТ 11118-2009 у штукатурных покрытий, используемых для наружной отделки газобетона, регламентируется величина уменьшения адгезионной прочности после 35 циклов испытаний на морозостойкость. Исследование проводили с использованием метода отрыва штампа и результаты исследования представлены в таблице 3.

Таблица 3

*Морозостойкость контактной зоны*

Состав	Результат испытаний образцов, циклы					
	0	10	15	25	35	50
ССС с использованием РОПГ	0,53	<u>0,51</u> * 3,8	<u>0,48</u> 9,4	<u>0,44</u> 17,0	<u>0,38</u> 28,3	<u>0,32</u> 39,6
ССС без использования РОПГ	0,71	<u>0,70</u> 1,4	<u>0,68</u> 4,2	<u>0,66</u> 7,0	<u>0,62</u> 12,7	<u>0,53</u> 25,4

*Примечание.* \* Над чертой – прочность сцепления  $R_{адг}$ , МПа, под чертой – изменение прочности сцепления, %

Установлено, что марка по морозостойкости контактной зоны покрытий, полученных с использованием РОПГ, составила  $F_{кз}$  35, покрытий, полученных без использования РОПГ, составила  $F_{кз}$  25. Значительно более высокая морозостойкость зоны контакта покрытий, полученных с использованием РОПГ, и газобетона объясняется повышением сродства структур подложки и основания.

Внешний вид покрытий, полученных с использованием РОПГ, после 35 циклов испытаний не претерпел значительных изменений. Цвет покрытий не изменился, нет явно заметных глазу трещин, не наблюдалось отслаивания на поверхности образцов. После 45 циклов испытаний внешний вид покрытий значительно изменился: выявлено отслаивание части покрытий, на поверхности образцов появились трещины. Фотографии представлены на рисунке 2.

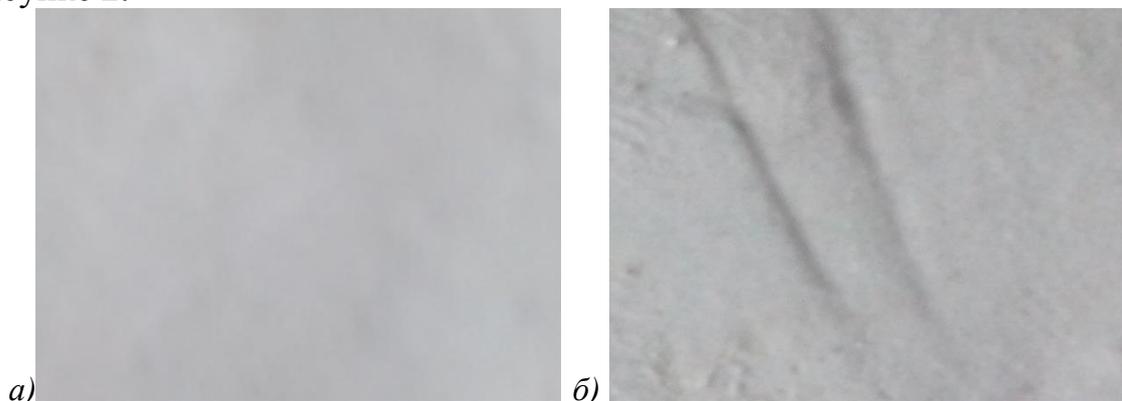


Рисунок 2. Внешний вид покрытий до испытаний (а), после 45 циклов испытаний (б)

ССС с использованием РОПГ можно рекомендовать использовать не только для внутренней, но и для наружной отделки ограждающих конструкций из газобетона. Применением РОПГ в рецептуре ССС позволит

увеличить срок службы отделочных покрытий и повысит степень переработки отходов производства газобетона.

#### **Список литературы**

1. Вишневский А.А., Гринфельд Г.И., Смирнова А.С. Текущее состояние производства автоклавного газобетона в России // Современный автоклавный газобетон: сборник докладов науч.-практ. конференции. г. Екатеринбург, 22–24 ноября 2017 г. – С. 10-12.
2. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. – №18. – С. 112-119.
3. Лесовик, В.С. Закон сродства структур в материаловедении. / В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, И.Л. Чулкова // Фундаментальные исследования. – 2014. – №3. Часть 2. – С. 267-271.
4. Логанина, В. И., Фролов М.В. Исследование и оптимизация технологии синтеза модифицирующей добавки на основе смеси гидросиликатов и алюмосиликатов кальция // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2022. – Т. 14. – № 3. – С. 190-197.
5. ГОСТ 11118-2009. Панели из автоклавных ячеистых бетонов для наружных стен зданий. Технические условия. – М.: МНТКС, 2010. – 49 с.

УДК 624.131

## СТРАТИГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕНЗЕНСКОГО РЕГИОНА

**Хрянина Ольга Викторовна**, канд. техн. наук, доцент кафедры  
«Геотехника и дорожное строительство»

**Радаев Владимир Алексеевич**, студент группы 22СТ3м

**Круглова Мария Андреевна**, студентка группы 22СТ3м

**Есимкин Максим Анатольевич**, студент группы 19СТ12

**Пензенский государственный университет архитектуры  
и строительства, Пенза**

---

В статье рассмотрены особенности стратиграфии и литологии аллювиальных (речных) отложений Пензенского региона. Приведены фации аллювия по месту образования. Дана инженерно-геологическая оценка речных отложений.

*Ключевые слова:* стратиграфия, литология, аллювий, фации аллювия.

Аллювиальные отложения накапливаются в результате деятельности постоянных водотоков в речных долинах при разрушении, размыве, растворении, истирании обломков горных пород, перемещающихся по руслу реки. Начало образования аллювиальных отложений территории Пензенского региона следует отнести к концу мезозоя (70-90 млн. лет назад), когда тектонические поднятия сопровождалось разрушением поверхностных пород текучими водами и получили развитие крупные древние долины стока современных рек Суры, Хопра, Мокши, Вороны, Выши [1].

В эпоху днепровского материкового оледенения плейстоцена (кайнозой, средний отдел четвертичного периода), граница которого проходит по долине р. Суры от Рузаевки до г. Пензы и далее вдоль М. Сердобы на юге, талые воды ледника заполнили широкие долины стока ледниково-речными (аллювиально-флювиогляциальными) осадками. Более молодой верхнечетвертичный и современный аллювий слагают низкие террасы, поймы и русла рек области.

Наиболее древние, нижнечетвертичные аллювиальные отложения в пределах окского оледенения  $a Q_I^{ok}$  выполняют древние погребенные долины рек Хопра, Вороны, Суры с их притоками. Мощность от 20 м (р. Хопер) до 1÷8 м (р. Ворона). Представлены песками кварцевыми желтовато-серыми разнозернистыми с прослоями супесей и суглинков (А.А. Смирнова, В.В. Дашевский, 1962).

Среднечетвертичный аллювий крупных рек региона  $a Q_{II}^{dn-m}$  подразделяется на днепровский и московский горизонты, для долины р. Суры рассматривается как нерасчлененный. Общая мощность от 20 до 30 м.

Отложения днепровского горизонта  $a Q_{II}^{dn}$  слагают островки IV-ой надпойменной террасы рек Хопра и Атмиса: пески кварцевые с прослоями супесей, суглинков и глин, от желто-серого до буровато-коричневого цвета. Связь с оледенением характеризуется наличием кварцевой и кремнистой гальки, залегающей в основании толщ. Мощность 10-25 м. Залегают они на морене днепровского ледника, прислоняются к этим отложениям, а перекрыты покровными суглинками московской фазы оледенения с погребенной почвой в основании.

III-я надпойменная терраса – псевдотерраса, перигляциальная (приледниковая), ее мощность связана с привносом обломочного материала тальвыми водами ледника. Отложения хорошо промыты, повышенной крупности: разнозернистые пески с гравием и галькой северных и местных пород. Общая мощность древнего аллювия по региону достигает 60-80 м.

Отложения московского горизонта слагают II-ю надпойменную террасу долины р. Хопра и отдельные участки по р. Суре: пески кварцевые желтоватые с прослоями супесей, суглинков и глин. В основании пески местами замещены суглинками или глинами. Мощность 10-15 м. Подстиляется горизонт днепровскими отложениями, а перекрыт верхнечетвертичными покровными суглинками.

Наиболее широко в Пензенском регионе представлен верхнечетвертичный аллювий  $a Q_{III}^{mik-ost}$ , слагающий I-е надпойменные террасы рек Суры, Хопра, Мокши и их притоков, а также борта крупных оврагов и балок. Общая мощность до 25-40 м [2].

Первый комплекс отложений верхнечетвертичного оледенения, микулинско-калининский, слагают пески мелкозернистые кварцевые желтовато-серые с прослоями и линзами суглинков и глин, общая мощность 14-25 м.

Второй комплекс, молодого-осташковский, представлен песками кварцевыми желтовато-серыми с тонкими прослоями супесей, или глинистого песка. В основании вскрываются гравийно-галечные отложения из местных пород, мощностью 10-15 м.

Современный отдел четвертичного периода  $a Q_{IV}$  на территории г. Пензы и Пензенского региона в основном представлен аллювиальными отложениями пойм и русел рек, тальвегов оврагов и балок. Они залегают на породах разного возраста, границы с подстилающими отложениями нечеткие, мощность от нескольких метров, редко до 15 м [3].

Русловую фацию в основании толщ слагают пески кварцевые мелко- и среднезернистые, с галькой и гравием опок и песчаников. В подошве основания слои гравийно-галечного материала обогащены песчаным заполнителем. Мощность достигает 7-8 метров.

Фация высокой поймы литологически представлена глинами и суглинками темно-серого и голубовато-серого цвета, частично заторфован-

ными. Пески встречаются лишь в виде маломощных невыдержанных прослоев.

Фация низкой поймы представлена иловатыми глинами, суглинками и супесями желтовато-бурой и серой окраски, с линзами торфа (старичная фация), с большим содержанием органики. Мощность пойменных фаций до 6-10 м.

Современный аллювий мелких рек, оврагов и болот – супеси, суглинки, глинистые, илистые пески с прослоями и линзами гравия и гальки. Слои чрезвычайно невыдержаны по простиранию, нередко линзовидно выклиниваются, формирование идет и в настоящее время [4].

Все аллювиальные отложения водонасыщены, характерен высокий уровень грунтовых вод от 0,5 до 1,5 м, встречаются линзы истинных плывунов. Под нагрузкой толщи аллювия сильно и неравномерно сжимаются из-за наличия слабых прослоев и линз, нередко выпирают из-под фундаментов. Только песчаные и песчано-гравийные отложения держат нагрузку, несжимаемы. Аллювиальные грунты в слоистых толщах и в песках с илистыми и глинистыми примесями подвержены механической суффозии, особенно при вскрытии котлованами, траншеями, при сжатии под нагрузкой от сооружений в сторону дрен.

#### Список литературы

1. Хрянина О.В., Ахрамеев А.В., Золотов С.Н., Колесниченко А.В. Генезис глинистых грунтов территории застройки г. Пензы // Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы V Всероссийской науч.-практ. конф. Пенза: Изд-во Пенз. госуд. ун-та арх-ры и строит-ва, 2014. с. 62-65. ISBN 978-5-9282-1216-2.
2. Кошкина Н.В., Хрянина О.В., Фабрикин А.А. Инженерно-гидрогеологические проблемы Сурского региона // Вопросы планировки и застройки городов: материалы XXXV Всероссийской, XX Междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Изд-во Пенз. госуд. ун-та арх-ры и строит-ва, 2013. С.129-132. ISBN 978-5-9282-0598-0.
3. Кошкина Н.В., Хрянина О.В., Ахрамеев А.В. Инженерно-геологические особенности глинистых грунтов территории Сурской оросительно-обводнительной системы // Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы IV Всероссийской науч.-практ. конф. Пенза: Изд-во Пенз. госуд. ун-та арх-ры и строит-ва, 2014. с.51-53. ISBN 978-5-9282-1217-9.
4. Кошкина Н.В., Хрянина О.В., Астафьев М.В. Инженерно-геологическая оценка четвертичных отложений Пензенского региона // Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы IV Всероссийской науч.-практ. конф. Пенза: Изд-во Пенз. госуд. ун-та арх-ры и строит-ва, 2014. с.53-56. ISBN 978-5-9282-1217-9.

УДК 624.131

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОТЛОЖЕНИЙ И ВОД АЛЛЮВИЯ ПЕНЗЕНСКОГО РЕГИОНА**

*Хрянина Ольга Викторовна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное строительство»*

*Радаев Владимир Алексеевич, студент группы 22СТ3м*

*Круглова Мария Андреевна, студентка группы 22СТ3м*

*Есимкин Максим Анатольевич, студент группы 19СТ12*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза*

---

В статье рассмотрены особенности и причины обводнения и загрязнения отложений и вод аллювия Пензенского региона. Приведены допустимые предельные концентрации загрязняющих веществ по результатам отбора и анализа проб воды и грунтов. Даны рекомендации по защите подземных вод.

*Ключевые слова:* обводненность, загрязненность, аллювий, отложения, водовмещающие породы.

Аллювиальные отложения в Пензенском регионе широко развиты по долинам рек Суры, Хопра, Мокши, Вороны, Выши. Водовмещающими являются практически все отложения четвертичного аллювия. Коллекторами являются мелкие и средние пески с прослоями и линзами галечников и гравелистого песка. Мощность грунтовых водоносных горизонтов меняется от 3 до 10 м. Водоупорами являются моренные суглинки и глины или коренные глины и суглинки мелового периода, но чаще воды аллювия сливаются с водами более древних горизонтов [1].

С древним аллювием связаны основные источники водоснабжения небольших хозяйств. Подземные воды обычно пресные гидрокарбонатно-кальциевые и натриевые, общая минерализация до 400÷800 мг/л. Дебит древне-аллювиальных горизонтов, по данным шахтных колодцев, каптирующих их, составляет 8÷10 м<sup>3</sup>/сутки, около 5÷7 л/сек. Удельный дебит скважин, при понижении уровня на один метр, колеблется в пределах 0,15÷0,9 л/сек.

Воды пойменного аллювия характеризуются органической и бактериологической загрязненностью, т.к. залегают неглубоко, 0,5÷3,5 м. Используются редко, имеют затхлый болотный запах, мутные, водообильность низкая, производительность всего от 0,001÷1 л/сек.

Воды пойменного аллювия нередко агрессивны (углекислые, сульфатные) вблизи мест сброса промстоков, складов минеральных удобрений, где отмечается их значительная минерализация (Каменский, Пензенский р-ны) [2]. Во время паводков уровни залегания грунтовых вод повышаются на 0,5÷2,0 м, достигая местами поверхности земли. По мере удаления от русла

рек глубина залегания грунтовых вод изменяется от 5÷7 м, близ бровки уступа террас до 0,5÷0,8 м у тылового шва этих террас.

Наличие хорошо фильтрующих песчано-гравелистых, гравийных грунтов в нижней части аллювия создает благоприятные условия для фильтрации воды вдоль долин. Возникает опасность утечки воды из водохранилищ, под основанием плотин, а также значительный приток вод в котлованы при производстве строительных работ [3, 4]. Насыщенные водой аллювиальные грунты часто проявляют пывунный характер – гидродинамические псевдопывуны. Среди глинистых и суглинистых грунтов пойм встречаются слои и линзы, находящиеся в текучем состоянии. При наличии напорных градиентов развиваются суффозионные явления, возможна активизация оползней, оплывание.

Так как аллювиальные глинистые толщи Пензенского региона сильновлагоёмкие, естественная влажность от 26 до 47%, со слабой водоотдачей, слабопроницаемые, коэффициент фильтрации колеблется от 0,03 до 0,45 м/сут, то это способствует быстрому загрязнению с поверхности и аккумуляции в грунтовых водах загрязняющих веществ, что затрудняет возможность последующей очистки грунтов и вод. Наличие древних морен и плотных морских глин и суглинков мелового возраста, подстилающих аллювиальные отложения, способствует постепенному накоплению загрязнения вод во всех породах региона. Все элементы, особенно тяжелые металлы, проникающие на глубину вместе с просачивающимися поверхностными водами, скапливаются в зоне насыщения над водоупорами. На больших глубинах идет перенос загрязняющих веществ грунтовыми потоками в направлении уклонов в сторону естественных дренажей. Аккумуляция загрязняющих веществ наблюдается в грунтах в зоне глубин 5–8 м, на уровнях расположения зеркала грунтовых вод [3, 4].

Примерно 5 % подземных вод устойчиво загрязнены, и с каждым годом эта масса увеличивается, в 100 раз превышено содержание азота, сульфатов, хлоридов, фенолов, нефтепродуктов, фтора, меди, свинца, хрома. По результатам отбора и анализа проб воды и грунтов до глубин 5 м установлено превышение ПДК в 100 и 1000 раз по тяжелым металлам и диоксидам.

Содержание нефтепродуктов, по данным инженера-геолога Г. И. Фомичевой, обработанные в лаборатории предприятия «Рязань – ЭКСИ», показали следующее:

– в пробах грунтов, взятых с глубин в зоне 0÷20 метров, содержание нефтепродуктов изменяется от 24 до 1280 мг/кг;

– в пробах грунтовых вод на границе зоны аэрации содержание нефтепродуктов 0,49÷38,6 мг/л, а с глубины 12 м – 0,45 мг/л.

Все показатели по пробам превышают ПДК по нефтепродуктам. Содержание, например, в волжской воде нефтепродуктов превышает ПДК более, чем в 100 раз, примерно 60% поверхностных пресных вод загрязнены и непригодны для питья.

Природное очищение, восстановление экологической чистоты практически невозможно, а техническое очищение требует значительных затрат.

Предотвращение загрязнения возможно путем оборудования сети горизонтальных дрен, дренажных коллекторов, нефтеловушек и аэрационных камер. Собранная вода должна очищаться механическими, химическими и биоспособами, с последующим спуском в биопруды, овраги, балки. Глубокие зоны необходимо очищать путем закладки скважин и откачки вод в поверхностные резервуары, с последующей очисткой.

В долинах рек, на поймах и речных террасах, содержащих подземные воды, используемые для питьевых целей, необходимо запрещать строительство водоемких предприятий, нарушение движения вод строительными преградами: фундаменты зданий, свайные поля, дренажные галереи и пр.

В последние десятилетия с естественным сокращением сбросов производственных стоков в реки города, содержание сбросов нефтепродуктов в водоемах, в том числе и в р. Пензятке у северной границы города, куда и рельеф понижается, и по долине р. Суры проходит сток, происходит самоочищение, и содержание загрязняющих веществ считается допустимым. Однако допустимые границы загрязнения административно повышаются, что приводит к ухудшению общего экологического загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы.

#### **Список литературы**

1. Хрянина О.В., Ахрамеев А.В., Золотов С.Н., Колесниченко А.В. Генезис глинистых грунтов территории застройки г. Пензы // *Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы V Всероссийской науч.-практ. конф. Пенза: Изд-во Пенз. госуд. ун-та арх-ры и строит-ва, 2014. с. 62-65. ISBN 978-5-9282-1216-2.*
2. Кошкина Н.В., Хрянина О.В., Фабрикин А.А. Инженерно-гидрогеологические проблемы Сурского региона // *Вопросы планировки и застройки городов: материалы XXXV Всероссийской, XX Междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Изд-во Пенз. госуд. ун-та арх-ры и строит-ва, 2013. С.129-132. ISBN 978-5-9282-0598-0.*
3. Кошкина Н.В., Хрянина О.В., Ахрамеев А.В. Инженерно-геологические особенности глинистых грунтов территории Сурской оросительно-обводнительной системы // *Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы IV Всероссийской науч.-практ. конф. Пенза: Изд-во Пенз. госуд. ун-та арх-ры и строит-ва, 2014. с.51-53. ISBN 978-5-9282-1217-9.*
4. Кошкина Н.В., Хрянина О.В., Астафьев М.В. Инженерно-геологическая оценка четвертичных отложений Пензенского региона // *Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы IV Всероссийской науч.-практ. конф. Пенза: Изд-во Пенз. госуд. ун-та арх-ры и строит-ва, 2014. с.53-56. ISBN 978-5-9282-1217-9.*

УДК 67.03

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЫРСЫ РАКУШЕЧНИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Шапвалова Анастасия Валерьевна, аспирант*

*Клюев Александр Васильевич, канд. техн. наук, доцент*

*Позднякова Анна Михайловна, магистрант*

*Клюев Сергей Васильевич, канд. техн. наук, профессор*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, Белгород*

---

В статье рассматривается перспектива применения отхода разработки ракушечник-известняка – тырса. Опилки ракушечника являются экологически чистым материалом, решающую проблему с ресурсо- и энергосбережением. Использование данной добавки при строительстве способна минимизировать экономические затраты. Обоснована ее возможность применения в качестве добавки в бетоны, так как при частичной замене песка тырсой ракушечника способствует увеличению механической стойкости, прочности на сжатие. Рассмотрена зарубежная практика применения тырсы ракушечника как строительного материала. С нашей точки зрения, перспективным решением проблемы утилизации отходов переработки ракушечника является их использование в качестве заполнителя бетона. Предыдущие эксперименты ученых с использованием тырсы в качестве заменителя мелких и крупных заполнителей в бетоне создают основу для дальнейших исследований различных аспектов ее применению. Таким образом, эти отходы могут быть использованы в качестве сырья в других отраслях промышленности.

*Ключевые слова: тырса, монолитное строительство, ресурсосбережение, энергоэффективность, ракушечник, прочность, бетоны.*

В последние годы популярность экологичных, энергосберегающих материалов в строительной отрасли возросла во всех странах. Такой подход заставляет разрабатывать новые современные материалы к возводимым зданиям и сооружениям, а также по-новому взглянуть на уже существующие строительные материалы. В этом ключе предлагаем рассмотреть известняк-ракушечник и его побочные продукты как перспективные строительные материалы. Для повышения эффективности строительства необходимо максимально комплексно использовать материалы в строительной отрасли. Известняк-ракушечник относится к горным породам осадочного происхождения. Ракушняк имеет пористую структуру, по химическому составу больше всего в ракушечнике содержится кальция – почти 99%, остальное приходится на различные органические примеси, йод, железо и т.п. [1]. Именно содержание различных примесей и нивелирует окраску известняка-ракушечника: от белой до кремово-желтого цвета. Структура ракушечника и будет определять какими свойствами он обладает. Также диаметр пор влияет на его применение. Марка блоков М25 характеризуется наибольшей прочностью, и чаще остальных используется в строительстве, имеет более круп-

ные поры. Так же существует марка М35 наиболее прочная из всех существующих, она имеет наиболее крупные поры, из-за которых так сложно обрабатывать блок в процессе строительства. Данная марка является не такой популярной и востребованной на рынке строительных материалов [2]. Марки М10 и М15, имеющие маленькие поры, являются менее прочными и в основном используются для облицовки и создания малых архитектурных форм, а также различных видов декора.

Добыча залежей ракушечника разрабатывается на полуострове Крым – самый богатый регион нашей страны по наличию ракушечника; Ростовской области, Белгородской области, Казахстане, Молдавии, на Кавказе, Украине, Средней Азии [3].

Плюсы ракушечника в том, что он имеет низкую теплопроводность (0,2–0,6 Вт/м·К), шумоизоляцию, хорошую морозоустойчивость (до 70 циклов), также ракушечник не проницаем для радиоактивных излучений [4]. Ракушечник имеет и недостатки: низкая ударная стойкость. Это достаточно мягкий и хрупкий материал, является гигроскопичным [5].

В строительстве известняк-ракушечник используется достаточно давно. Так на Крымском полуострове, а также южной части Украины остались дома и усадьбы XIX века, построенные из ракушечника. В XX ракушечник нашел применения для строительства хозяйственных построек и малых зданий на территории Ростовской, Курской, Тамбовской, Белгородской областях и мн. др. [6].

В процессе резки блоков из ракушечника образуется большое количество тырсы – отходов пиления ракушечника. Тырса – смесь чистой глины и ракушечника, природный материал, который добывается в карьерах открытым способом. По химическому составу она полностью идентична самому ракушечнику. Различают тырсу желтого цвета – продукт отработки ракушечника; имеет крупную фракцию и идет в основном на кладку или грубую штукатурку. В быту тырсу ракушечника используют в качестве наполнителей или природного подстилающего слоя для домашних животных, а также как профилактическое средство заболеваний домашней птицы. Тырса ракушечника не нашла такого широкого применения в строительстве как сам камень. Однако, она обладает всеми свойствами присущими ракушечнику. Является природным, экологически чистым материалом, не вызывающим аллергии. Из-за большого образования в процессе пиления ракушечника, возникает проблема ее утилизации [7].

На сегодняшний день, тырсу ракушечника используют в качестве заполнителя для бетона от 5% до 40% [8]. Так используя зарубежный опыт, тырсой ракушечника заменяют песок. Такое использование местного материала в процессе строительства помогает решить проблемы нехватки ресурсов и антропологическое влияние при добыче полезного ископаемого, а также может помочь сократить объемы строительства и затраты. Тут неоспоримы преимущества тырсы ракушечника с точки зрения доступности,

стоимости добычи и транспортировки. Частичная замена песка тырсой ракушечника оказывает очень значительное влияние на развитие механической стойкости [9]. Использование тырсы ракушечника позволяет достичь прочности на сжатие, при добавлении 20% тырсы. При увеличении тырсы до 40% прочностные характеристики падают.

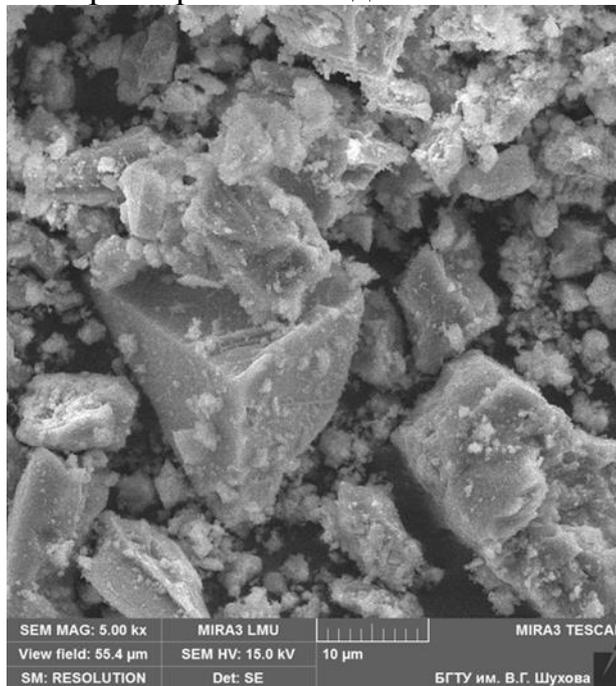


Рисунок 1 Микрофотография структуры тырсы ракушечника

Исследования в использования тырсы ракушечника в строительной сфере наиболее популярны в зарубежных странах: Марокко, Китай, США, Индия [10].

В Казахстане тырсу ракушечника используют в дорожном строительстве. В таком ключе тырса нашла свое применение на Крымском полуострове уже в течении нескольких лет. Однако так никто и не решился использовать добавку ракушечника в комплексном строительстве зданий. Все такие постройки носят единичный характер [11].

Практика показывает, что в настоящий момент по всему миру проходят исследования на поиск добавки бетонной смеси с целью частичной или полной замены песка [12]. В качестве добавки рассматривались литейный песок, золы от рисовой шелухи, кокоса, бамбука [13]. В таком ключе тырса представляет собой наиболее перспективное направление исследования. Тырса ракушечника представляет собой перспективной добавкой в бетоны при монолитном строительстве, так как при таком виде строительства важны быстрые сроки возведения зданий, высокие эксплуатационные характеристики, экономическая выгода. Также немало важно отметить, что тырса ракушечника является полностью природным материалом, не вызывающим аллергических реакций при контакте с ней.

Таким образом, нами была рассмотрена возможность использования отходов пыления известняка-ракушечника в качестве альтернативной добавки, заменяющей песок.

Были рассмотрены плюсы и минусы ракушечника как первичного материала. Были рассмотрены научные исследования ученых России, так и стран Зарубежья.

Рассмотрен положительный эффект от введения тырсы ракушечника в бетонную смесь: прочность на сжатие, на разрыв при расщеплении, время затвердевания бетонной смеси.

Рассмотрен экономический и экологический потенциал использования данной добавки.

### **Список литературы**

1. Ключев С.В. Фибробетон для каркасного строительства // В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее. Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. 2011. С. 37-38.
2. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Современные энергоэффективные конструкционные и облицовочные строительные материалы // *International journal of applied and fundamental research*. 2020. №7. С.76–87.
3. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Shorstova E.S. The micro silicon additive effects on the fine-grassed concrete properties for 3-D additive technologies // *Materials Science Forum*. 2019. T. 974. C. 131–135.
4. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Vatin N.I. Fiber concrete for the construction industry // *Magazine of Civil Engineering*. 2018. № 8 (84). С. 41-47.
5. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Shorstova E.S. The micro silicon additive effects on the fine-grassed concrete properties for 3-D additive technologies // *Materials Science Forum*. 2019. T. 974. C. 131–135.
6. Ключев С.В. Высокопрочный сталефибробетон на техногенных песках КМА // *Технологии бетонов*. 2012. № 5-6 (70-71). С. 33-35.
7. Ключев С.В. Высокопрочный мелкозернистый фибробетон на техногенном сырье и композиционных вяжущих // *Бетон и железобетон*. 2014. № 4. С. 14-16.
8. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высокопрочные бетоны. М.: АСВ. 2007. 368 с.
9. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Shorstova E.S. Fiber concrete for 3-D additive Ghrieb Abderrahmane, Abadou Yacine // *Materials Science Forum*. 2019. T. 974. C. 367–372.
10. Болотин А.В., Лунегова А.А., Жукова Г.Г., Овсянникова Д.Н. К вопросу о применении ракушечника в строительстве // *Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура*. 2019. Т. 10, №3. С. 61–75. doi:10.15593/2224-9826/2019.3.07.
11. Королева К.Е. Современные экологичные виды бетонов // *Современные технологии в строительстве. Теория и практика*. 2020. Т2. С. 250–254.
12. Bobrowska A., Jagoda E., Domonik A., Ryzynski G. Thermomechanical properties of detrital limestone from the Nowe Brusno town (Poland) *Resources Policy* 77(2022) doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102698.
13. H. Yoon, S. Park, K. Lee, J. Park, Oyster shell as substitute for aggregate in mortar, *Waste Manag. Res.* 22 (2004) 158–170, <https://doi.org/10.1177/0734242X04042456>.
14. E.-I. Yang, S.-T. Yi, Y.-M. Leem, Effect of oyster shell substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties, *Cem. Concr. Res.* 35 (2005) 2175–2182, <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2005.03.016>.

15. Лесовик В.С. *Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород*. М.: Изд-во АСВ, 2009. 526 с.
16. Семенова А.Т., Цыплаков А.Н., Черноусенко Г.И., Шокин О.В., Кукина О.Б., Хороордина Е.А. *Исследование эффективности применения панелей из фиброгипса в строительстве с использованием отходов пиления ракушечника // Химия, Физика и Механика материалов*. 2020. 2(25). С. 25–47.
17. Кизилов Д.А. *Обзор промышленности строительных материалов Крымского федерального округа // Научные исследования: от теории к практике*. 2016. № 3 (9). С. 285–291.
18. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашиников В.И. *Модифицированные высокопрочные бетоны*. М.: АСВ. 2007. 368 с.
19. Mohanta, N.R., Murmu, M *Alternative coarse aggregate for sustainable and eco-friendly concrete - A review Journal of Building Engineering*, 59, No 105079 (2022) DOI: 10.1016/j.jobe.2022.105079.
20. Ghrieb Abderrahmane, Abadou Yacine *Optimization of the limestone fines proportion for dune sand mortar based on a statistical model Second International Conference on Aspects of Materials Science and Engineering 45(2021) 4971-4978* <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.410>.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>ИННОВАЦИИ ПРИ ОБОРОТНОМ ВОДОСНАБЖЕНИИ КОНДЕНСАТОРОВ ПАРОКОМПРЕССИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН .....</b>	<b>4</b>
<i>Аверкин А.Г.</i>	
<b>КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВКЛЕЕННЫХ ШАЙБ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....</b>	<b>8</b>
<i>Арискин М. В., Мартышкин Д.О., Ванин И.В., Залилов И.В.</i>	
<b>ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ САМОЗАЛЕЧИВАЮЩИХСЯ БЕТОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....</b>	<b>12</b>
<i>Белевцев В.О.</i>	
<b>МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА.....</b>	<b>17</b>
<i>Вихарев С.Н., Зайцев М.А.</i>	
<b>ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ И КОНСТРУКЦИЙ УСТАНОВОК ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ МАСЛА .....</b>	<b>20</b>
<i>Вихарев С.Н., Ряполов М.А.</i>	
<b>ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР ЛЭП В РОССИИ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА .....</b>	<b>24</b>
<i>Делягин М.Ю., Гордеев М.Н.</i>	
<b>ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ .....</b>	<b>27</b>
<i>Дмитриев О.С., Барсуков А.А.</i>	
<b>ФУНДАМЕНТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОРПУСА НА ИЛИСТОМ ОСНОВАНИИ .....</b>	<b>32</b>
<i>Егорова Н.П., Панкина М.В., Карамышев М.А.</i>	
<b>ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ «ЗЕЛеноЙ» ЭНЕРГЕТИКИ В ЯПОНИИ И ТАЙВАНЕ .....</b>	<b>39</b>
<i>Еремкин А.И., Музоваткина А.О., Акчурина Я.Р.</i>	
<b>АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «ЗЕЛеноЙ» ЭНЕРГЕТИКИ В СКАНДИНАВСКИХ СТРАНАХ НА ПРИМЕРЕ ФИНЛЯНДИИ И ШВЕЦИИ .....</b>	<b>44</b>
<i>Еремкин А.И., Музоваткина А.О., Акчурина Я.Р.</i>	

<b>ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЯЧЕИСТОГО ГЕОПОЛИМЕРНОГО БЕТОНА, ИЗГОТОВЛЕННОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПОКИ .....</b>	<b>49</b>
<i>Ерошкина Н.А., Коровкин М.О., Саденко С.М., Тарасов А.А.</i>	
<b>ОБНАРУЖЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СЛЕДОВ ПРЕСТУПЛЕНИЙ.....</b>	<b>53</b>
<i>Зауголков И.А., Копылов А.А., Исаева О.В.</i>	
<b>ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ЭКСПАНСИЯ ПО ЭКСПОНЕНТЕ .....</b>	<b>58</b>
<i>Зиятдинов М.З.</i>	
<b>ДИСПЕРСНОЕ АРМИРОВАНИЕ РИГЕЛЕЙ С ПОДРЕЗКОЙ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСОВ.....</b>	<b>62</b>
<i>Комаров В.А., Болдырева О.В., Болдырев Е.С.</i>	
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ В САМОУПЛОТНЯЮЩЕМСЯ БЕТОНЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ.....</b>	<b>66</b>
<i>Коровкин М.О., Ерошкина Н.А., Егоров А.Ю., Филатов П.С., Филатов Д.С.</i>	
<b>КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ.....</b>	<b>72</b>
<i>Обшивалкин М. Ю., Костин В.А., Зиновьев К.Д.</i>	
<b>ЗАКОНЫ ВЗАИМНОСТИ В ДИССИПАТИВНЫХ СИСТЕМАХ.....</b>	<b>77</b>
<i>Потапов А.Н.</i>	
<b>СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ.....</b>	<b>82</b>
<i>Родионов Ю.В., Костин В.А.</i>	
<b>СТРОИТЕЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА .....</b>	<b>88</b>
<i>Романенко И.И., Фадин А.И., Петровнина И.Н., Еличев К.А.</i>	
<b>АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОНАПОРНЫХ БАШЕН .....</b>	<b>92</b>
<i>Саксонова Е.С., Денисов И.В.</i>	
<b>РАЗРАБОТКА ПАСПОРТА ПРОЦЕССА «ВНУТРЕННИЙ АУДИТ» НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «АТМИС-САХАР» .....</b>	<b>97</b>
<i>Светалкин Е.М.</i>	

<b>ВСТРОЕННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ РАЗРЯДКИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ .....</b>	<b>101</b>
<i>Тимохин С.В., Зиновьев К.Д.</i>	
<b>К РАСЧЕТУ СЛОИСТЫХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С УЧЕТОМ ОРТОТРОПИИ ИХ МАТЕРИАЛОВ .....</b>	<b>106</b>
<i>Трещев А.А.</i>	
<b>РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРИМЕРЕ АО «РАДИОЗАВОД» .....</b>	<b>111</b>
<i>Трощев Д.В., Жегера К.В.</i>	
<b>ОБЗОР ИНЪЕКЦИОННЫХ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ .....</b>	<b>115</b>
<i>Филяева В.В., Панкина М.В.</i>	
<b>ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗМОЛОТЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ СУХОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ .....</b>	<b>120</b>
<i>Фролов М.В., Журавлева Е.А., Фурасьева Н.Б.</i>	
<b>СТРАТИГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕНЗЕНСКОГО РЕГИОНА ...</b>	<b>125</b>
<i>Хрянина О.В., Радаев В.А., Круглова М.А., Есимкин М.А.</i>	
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОТЛОЖЕНИЙ И ВОД АЛЛЮВИЯ ПЕНЗЕНСКОГО РЕГИОНА .....</b>	<b>128</b>
<i>Хрянина О.В., Радаев В.А., Круглова М.А., Есимкин М.А.</i>	
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЫРСЫ РАКУШЕЧНИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....</b>	<b>131</b>
<i>Шаповалова А.В., Клюев А.В., Позднякова А.М., Клюев С.В.</i>	

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ  
В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
Секция 5 – Технические науки

Сборник докладов VI Национальной научно-практической конференции  
30-31 марта 2023 г.

**В авторской редакции**

Ответственный за выпуск

Е.А. Белякова

Верстка

Е.А. Белякова

Подписано в печать 16.05.23. Формат 60×84/16

Бумага офсетная. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 8,08. Уч.-изд. л. 8,69. Тираж 80 экз.

Заказ №233

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза ул. Г. Титова, 28.