

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# **ЭНЕРГИЯ МОЛОДЫХ – СТРОИТЕЛЬНОМУ КОМПЛЕКСУ**

**Сборник материалов  
XIX Межрегиональной научно-технической конференции  
студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых**

**21–23 мая 2025 г.**

Братск  
Издательство Братского государственного университета  
2025

Энергия молодых – строительному комплексу: сборник материалов XIX Межрегиональной научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых. – Братск: БрГУ, 2025. – 126 с.

*В сборнике опубликованы материалы, отражающие результаты научно-исследовательской работы студентов, магистрантов и аспирантов, обучающихся по направлению «Строительство». Особое внимание в материалах сборника уделено решению вопросов инновационного развития регионов страны, включая северные и с особыми условиями эксплуатации.*

*В конференции приняли участие представители вузов г. Санкт-Петербурга, г. Новосибирска, г. Томска, г. Братска.*

*Оргкомитет конференции выражает благодарность всем докладчикам и их научным руководителям за активность, энергию и научное творчество.*

#### **Организационный комитет:**

- Белых С.А.** – научный руководитель, зав. базовой кафедрой строительного материаловедения и технологий, канд. техн. наук, доцент;
- Шляхтина Т.Ф.** – научный руководитель, канд. техн. наук, доцент кафедры строительных конструкций и технологий;
- Вахрушева М.Ю.** – декан факультета экономики и строительства, канд. техн. наук, доцент;
- Дудина И.В.** – зав. кафедрой строительных конструкций и технологий строительства, канд. техн. наук, доцент;
- Коплик Н.В.** – технический секретарь конференции.

## **СРАВНЕНИЕ ПРЯМЫХ И КОСВЕННЫХ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА**

Тема исследования является очень актуальной, поскольку обоснованный выбор метода неразрушающего тестирования прочности бетона позволяет минимизировать риски, обеспечить соблюдение стандартов качества и, в конечном итоге, сохранить жизнь и здоровье людей, а также предотвратить финансовые потери. Понимание всех тонкостей и характеристик различных методов позволяет специалистам принимать решения, которые значительно повышают общий уровень безопасности в строительной отрасли и позволяют эффективно управлять строительными проектами.

Данные о результатах проведенных расчётов по построению градуировочной зависимости ультразвуковым и ударно-импульсным методом представлены в табл. 1.

Градуировочные зависимости устанавливают в виде графика (или таблицы), построенного по уравнению. Минимальное и максимальное значения прочности составляют:  $R_{\min} = 8,7$  МПа,  $R_{\max} = 51$  МПа. Поскольку  $R_{\max} - R_{\min} = 56,1 - 5,6 = 42,3$  МПа, а  $2 \cdot 29,12 \cdot (60 - 29,12) / 100 = 17,98$  МПа, т. е.  $R_{\max} - R_{\min} < R_{\max} - R_{\min} \leq 2 \bar{R}_f (60 - \bar{R}_f) / 100$ ; то уравнение имеет линейный вид:

$$R = a_0 + a_1 v, \quad (1)$$

Коэффициенты  $a_0$  и  $a_1$  определяются по формулам (2) и (3)

$$a_1 = \frac{\sum_{j=1}^N (\bar{R}_f - R_{jf}) (\bar{x} - x_j)}{\sum_{j=1}^N (\bar{x} - x_j)^2}; \quad (2)$$

где  $R_{f, \text{ср}}$  – средняя прочность бетонов, испытанных при установлении градуировочной зависимости, МПа;  $N$  – число серий образцов, испытанных при установлении градуировочной зависимости;  $R_{jf}$ ,  $x_j$  – единичные значения прочности и скорости (времени) распространения ультразвука для  $j$ -й серии образцов;

$$a_1 = 0,029,$$

$$a_0 = \bar{R}_f - a_1 \bar{x}; \quad (3)$$

$$a_0 = 29,12 - 0,029 \cdot 4018,7 = -86,53.$$

Таблица 1

## Построение градуировочной зависимости ультразвуковым и ударно-импульсным методом

| Номера образцов | Скорость ультразвука, м/с | Прочность бетона методом ударного импульса, МПа | Прочность бетона на сжатие на прессе, МПа | Прочность, МПа                                                                         |                                                                                                      | $ R_{\text{и}} - R_{\text{и\phi}} /S$   |                                                     |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                 |                           |                                                 |                                           | по градуировочной зависимости для <b>ультразвука</b> после отбраковки результатов, МПа | по градуировочной зависимости для <b>ударно-импульсного метода</b> после отбраковки результатов, МПа | после отбраковки для <b>ультразвука</b> | после отбраковки <b>по методу ударного импульса</b> |
| 1               | 2                         | 3                                               | 4                                         | 5                                                                                      | 6                                                                                                    | 7                                       | 8                                                   |
| 1               | 4285                      | 75,3                                            | 51                                        | 36,78301                                                                               | 39,53366                                                                                             | 1,524020                                | 1,17141                                             |
| 2               | 4102                      | 70                                              | 44,32                                     | 31,51657                                                                               | 38,05348                                                                                             | 1,372490                                | 0,58085                                             |
| 3               | 4099                      | 53,3                                            | 26,48                                     | 31,43023                                                                               | 33,38951                                                                                             | 0,530651                                | 0,586123                                            |
| 4               | 3992                      | 40,8                                            | 34,2                                      | 28,35095                                                                               | 29,89852                                                                                             | 0,627000                                | 0,33636                                             |
| 5               | 4024                      | 26,2                                            | 18,3                                      | 29,27186                                                                               | 25,82104                                                                                             | 1,176153                                | 0,545458                                            |
| 6               | 3973                      | 32,1                                            | 19,8                                      | 27,80416                                                                               | 27,46879                                                                                             | 0,858024                                | 0,518565                                            |
| 7               | 3991                      | 29,7                                            | 25,3                                      | 28,32217                                                                               | 26,79852                                                                                             | 0,323968                                | 0,094912                                            |
| 8               | 4006                      | 28,8                                            | 28,3                                      | 28,75384                                                                               | 26,54717                                                                                             | 0,048651                                | 0,10441                                             |
| 9               | 4003                      | 28,3                                            | 24,9                                      | 28,66751                                                                               | 26,40753                                                                                             | 0,403867                                | 0,084747                                            |
| 10              | 4036                      | 31,6                                            | 29,6                                      | 29,6172                                                                                | 27,32915                                                                                             | 0,001843                                | 0,12086                                             |
| 11              | 3977                      | 27,1                                            | 23                                        | 27,91927                                                                               | 26,0724                                                                                              | 0,527332                                | 0,155262                                            |
| 12              | 4042                      | 44,3                                            | 31,2                                      | 29,78987                                                                               | 30,876                                                                                               | 0,151160                                | 0,01559                                             |
| 13              | 3996                      | 44,1                                            | 33,2                                      | 28,46606                                                                               | 30,82014                                                                                             | 0,507470                                | 0,10923                                             |
| 14              | 4098                      | 53,6                                            | 21,7                                      | 31,40146                                                                               | 33,4733                                                                                              | 1,039969                                | 0,516634                                            |
| 15              | 3946                      | 29,8                                            | 18,7                                      | 27,02714                                                                               | 26,82645                                                                                             | 0,892646                                | 0,341613                                            |
| 16              | 4171                      | 61,5                                            | 36,28                                     | 33,50228                                                                               | 35,67961                                                                                             | 0,297760                                | 0,02422                                             |
| 17              | 3136                      | 12,4                                            | 11,7                                      | 3,716649                                                                               | 21,96699                                                                                             | 0,855790                                | 0,398123                                            |
| 18              | 3819                      | 37,2                                            | 25                                        | 23,37229                                                                               | 28,89312                                                                                             | 0,174490                                | 0,145328                                            |
| 19              | 4021                      | 33,5                                            | 32,3                                      | 29,18552                                                                               | 27,85978                                                                                             | 0,333860                                | 0,15979                                             |
| 20              | 4277                      | 62,7                                            | 22,5                                      | 36,55279                                                                               | 36,01474                                                                                             | 1,506420                                | 0,469449                                            |
| 21              | 3895                      | 10,5                                            | 8,7                                       | 25,55944                                                                               | 21,43636                                                                                             | 1,807286                                | 0,42756                                             |

Окончание табл. 1

| 1                | 2      | 3     | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        |
|------------------|--------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 22               | 4163   | 46    | 48       | 33,27205 | 31,35078 | 1,578800 | 0,54076  |
| 23               | 4289   | 12,6  | 51       | 36,89813 | 22,02285 | 1,511680 | 0,91156  |
| 24               | 3971   | 54,5  | 35,4     | 27,7466  | 33,72465 | 0,820420 | 0,0511   |
| 25               | 4041   | 35,2  | 26,5     | 29,76109 | 28,33456 | 0,349580 | 0,054295 |
| 26               | 4096   | 31,3  | 26       | 31,3439  | 27,24537 | 0,572851 | 0,035798 |
| 27               | 4036   | 1,9   | 19,4     | 29,6172  | 19,03456 | 1,095255 | 0,01021  |
| 28               | 3991   | 35,8  | 32,5     | 28,32217 | 28,50213 | 0,447850 | 0,10867  |
| 29               | 4089   | 56,2  | 22,2     | 31,14245 | 34,19942 | 0,958606 | 0,317542 |
| 30               | 3996   | 34    | 46,1     | 28,46606 | 27,99942 | 1,890310 | 0,46665  |
| Среднее значение | 4018,7 | 38,01 | 29,11933 | 29,11934 |          |          |          |

Таким образом, градуировочная зависимость имеет вид

$$R = 0,029v - 86,53.$$

Определив значения  $R_{jn}$ , рассчитывают среднее квадратическое отклонение, определяемое по формуле 4[1]:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (R_{j\phi} - R_{jn})^2}{N - 2}}, \quad (4)$$

где  $R_{jn}$  – прочность бетона в  $j$ -й серии образцов, определенная по градуировочной зависимости.

$$S = 9,33 \text{ МПа.}$$

Сравнивая значения фактической прочности  $R_{j\phi}$  в сериях образцов с прочностью  $R_{jn}$ , определенной по градуировочной зависимости, устанавливают, что условие (5) выполняется и дальнейшую корректировку проводить не требуется

$$\frac{|R_{jn} - R_{j\phi}|}{S} \leq 2, \quad (5)$$

Искомая градуировочная зависимость имеет вид

$$R = 0,029v - 86,53.$$

**Ударно-импульсный метод.** Расчеты будут проводится по схеме А. Для определения характеристик однородности бетона по прочности используют не менее 30 единичных результатов определения прочности, полученных при контроле прочности бетона предыдущих партий бетонной смеси или изделий в анализируемом периоде.

В соответствии с ГОСТом 22690–2015 «Межгосударственный стандарт бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля», прочность бетона определяется по формуле:

$$R = aH + b, \quad (6)$$

где  $R$  – прочность бетона, МПа;  $H$  – косвенная характеристика.

$a$  и  $b$  – коэффициенты, рассчитываемые по формулам:

$$b = \bar{R}_{\phi} - a\bar{H}, \quad (7)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N (R_{i\phi} - \bar{R}_{\phi})(H_i - \bar{H})}{\sum_{i=1}^N (H_i - \bar{H})^2}, \quad (8)$$

где  $R_{jф}$  – прочность бетона в  $i$ -м участке (образце), определенная путем испытания неразрушающим методом или разрушающим образцов-кернов или стандартным образом, МПа;  $H_i$  – косвенная характеристика в  $i$ -м участке (образце), определенная в соответствии с требованиями по проведению испытания.

В данном случае косвенная характеристика – это прочность бетона, которую показал прибор ОНИКС

$$a = 0,28,$$

$$b = 29,12 - 0,28 \cdot 38,01 = 18,5,$$

$$R = 0,28H + 18,5.$$

Определив значения  $R_{jn}$ , рассчитывают среднее квадратическое отклонение по формуле (4)

$$S = 9,79 \text{ МПа.}$$

Сравнивая значения фактической прочности  $R_{jф}$  в сериях образцов с прочностью  $R_{jn}$ , определенной по градуировочной зависимости, устанавливают, что условие (5) выполняется и дальнейшую корректировку проводить не требуется

Искомая градуировочная зависимость имеет вид:

$$R = 0,28H + 18,5.$$

На основе произведенных расчетов на рис. 1 отображено графическое соотношение методов.

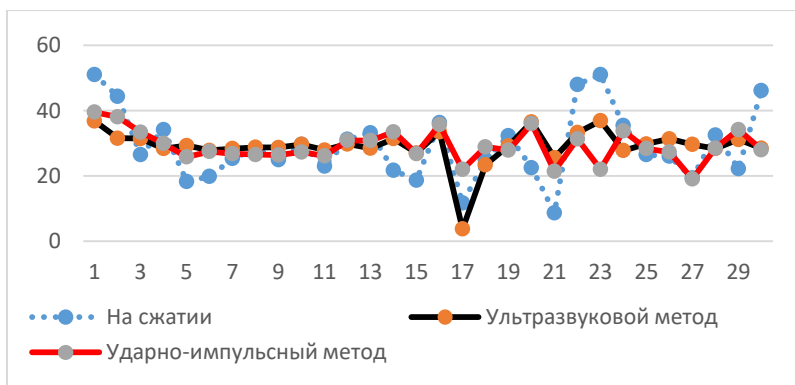


Рис. 1. Соотнесение методов для определения прочности бетона

Из рис. 1 следует, что наиболее точным методом для определения прочности бетона является ультразвуковой метод. После построение градуировочной зависимости мы перешли на строительную площадку для определения прочности на строительных объектах. Экспериментальные данные о

прочности бетона приведены в табл. 2, количество измерений на том или ином объекте определено в соответствии с ГОСТом 18105–2018 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности».

Таблица 2

**Данные о прочности объектов на строительной площадке**

| Наименование объекта исследования | Прочность бетона по методу ударного импульса, МПа | Прочность бетона ультразвуковым методом, МПа |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Полы                              | 82,3                                              | 52,9                                         |
|                                   | 98,9                                              | 56,4                                         |
|                                   | 65,9                                              | 50,9                                         |
|                                   | 57,7                                              | 52,8                                         |
|                                   | 97,5                                              | 56,8                                         |
|                                   | 65,3                                              | 63,9                                         |
| Стены                             | 37,6                                              | 34,7                                         |
|                                   | 36,8                                              | 32,5                                         |
|                                   | 41                                                | 36,6                                         |
|                                   | 17,2                                              | 20,9                                         |
|                                   | 29,6                                              | 28,2                                         |
|                                   | 29,2                                              | 26,3                                         |
| Фонарный столб                    | 51,1                                              | 57,3                                         |
|                                   | 47,6                                              | 49,1                                         |
|                                   | 48,9                                              | 53,6                                         |
|                                   | 43,3                                              | 52                                           |
|                                   | 45,2                                              | 47,3                                         |
|                                   | 41,7                                              | 46,4                                         |
| Плиты покрытия                    | 44,8                                              | 47,6                                         |
|                                   | 46,2                                              | 50,1                                         |
|                                   | 57,4                                              | 46,3                                         |
|                                   | 55,6                                              | 53,2                                         |
|                                   | 56,2                                              | 50,6                                         |
|                                   | 51,2                                              | 45,7                                         |

Из данных табл. 2 следует, что значения прочности не сильно варьируются. Таким образом, с учётом выполненной работы, можем сделать вывод, что при определении прочности у всех методов есть свои преимущества и недостатки. Однако, при использовании ультразвукового метода контроля необходимо учитывать несколько критически важных факторов, способных существенно повлиять на точность измерений. Наличие арматуры в исследуемых участках бетона может вызывать значительные погрешности, так как стальные стержни искажают распространение ультразвуковых волн. Кроме того, важно учитывать степень обжатия бетона – в зависимости от уровня загрузки конструкции, возможно, как завышение, так и занижение получаемых показателей прочности.

Не менее важные ограничения характерны и для ударно-импульсного метода. В первую очередь, на результаты измерений существенно влияет состояние поверхности бетона. Наличие отделочных слоев, карбонизация или повышенная влажность поверхности могут значительно искажать данные, поэтому перед проведением испытаний поверхность требует тщательной подготовки. Также серьезное воздействие оказывают различные дефекты материала – микротрещины, поры, каверны и расслоения, присутствующие в зоне измерения. Учет всех перечисленных факторов является обязательным условием для получения объективных и точных результатов при неразрушающем контроле прочности бетонных конструкций. Пренебрежение этими особенностями может привести к существенным погрешностям в оценке фактических прочностных характеристик материала.

Так же хотелось бы отметить, что наиболее точным методом в ходе данного анализа для определения прочности бетона неразрушающими методами в соответствии с рис. 1 оказался ультразвуковой метод.

Однако, проводя замеры на строительной площадке очевидно, что значения не сильно варьируются и оба метода прекрасно подходят для определения прочности бетона в построечных условиях.

### **Литература**

1. ГОСТ 17624–2021. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности: // URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200182175> (дата обращения: 15.04.2025). –Текст: электронный.
2. ГОСТ 22690–2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля: // URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124396>(дата обращения: 15.04.2025). –Текст: электронный.

**В.А. Балябин**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПКД-ПАНЕЛЕЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

В конце XX века в Швейцарии была разработана инновационная технология производства многослойных деревянных панелей, известных как CLT (Cross-Laminated Timber). Суть технологии заключается в перекрёстном расположении деревянных ламелей, что придаёт материалу высокую жёсткость и несущую способность. Благодаря этим свойствам CLT-панели можно сравнивать по прочности с железобетоном, что открывает широкие возможности для их использования в строительстве.

В России производство CLT-панелей началось в 2012 году, когда компания «Промстройлес» из Санкт-Петербурга запустила первую линию по выпуску перекрёстноклеёных деревянных панелей (ДПК). Несмотря на то, что в нашей стране традиционно предпочтение отдаётся кирпичу и бетону,

CLT-панели постепенно находят своё применение, особенно в многоэтажном строительстве и экологическом строительстве [1].

Для успешного внедрения и развития производства CLT-панелей в России необходимо учитывать несколько ключевых аспектов:

1. Наличие сырьевой базы. На Дальнем Востоке России сосредоточены обширные лесные массивы, которые могут служить источником древесины для производства CLT-панелей. Эффективное использование этих ресурсов требует развития инфраструктуры и логистики для транспортировки сырья до производственных мощностей.

2. Развитие лесозаготовки и лесопиления. Лесозаготовительные предприятия в регионе должны обеспечить необходимый объём сырья высокого качества. Современные сушильные камеры позволяют довести влажность пиломатериалов до требуемого уровня, что критически важно для дальнейшего процесса производства CLT-панелей.

3. Оптимизация и сращивание пиломатериалов. После сушки древесина поступает в цех, где её оптимизируют и склеивают по длине, формируя ламели для будущих панелей. Этот процесс требует точного соблюдения технологических параметров и использования качественного клея, чтобы обеспечить прочность и долговечность готовых панелей.

4. Прессование и шлифование. Склеенные ламели прессуются под высоким давлением, что обеспечивает их монолитность и прочность. Затем панели подвергаются шлифованию для достижения необходимой гладкости поверхности, что важно для их дальнейшего использования в строительстве.

5. Контроль качества. На всех этапах производства проводится строгий контроль качества, чтобы обеспечить соответствие готовых панелей требованиям прочности, жёсткости и долговечности. Это включает в себя проверку влажности, прочности склеивания, отсутствия дефектов поверхности и т. д. [2].

Применение CLT-панелей в строительстве имеет ряд значительных преимуществ:

- высокая прочность и жёсткость, позволяющие использовать панели в многоэтажном строительстве;
- экологичность и устойчивость материала, что соответствует современным тенденциям в строительстве и способствует снижению углеродного следа;
- быстрота и простота монтажа, что сокращает сроки строительства и снижает затраты на рабочую силу;
- хорошие теплоизоляционные свойства, что позволяет снизить расходы на отопление и кондиционирование зданий [3].

Однако для широкого распространения этой технологии в России необходимо дальнейшее развитие производственных мощностей, совершенствование процессов лесозаготовки и обработки древесины, а также повышение осведомлённости среди строителей и заказчиков о преимуществах CLT-панелей. Это потребует совместных усилий государства, бизнеса и научного сообщества, а также инвестиций в исследования и разработки, направленные на улучшение технологий производства и применения CLT-панелей.



Рис. 1. Многоэтажное здание из CLT-панелей

CLT-панели представляют собой инновационное решение в строительстве, которое сочетает в себе экологичность, прочность и удобство монтажа. Среди ключевых преимуществ таких конструкций можно выделить:

- безусадочность стен и стыков: это обеспечивает долговечность и стабильность конструкций, исключая необходимость дополнительных работ по устранению деформаций;
- возможность комбинированной отделки: внутренние и наружные стены могут быть отделаны различными материалами, что позволяет создавать разнообразные дизайнерские решения;
- отсутствие динамических вибраций: межэтажные перекрытия из CLT-панелей не создают «эффекта батута», что обеспечивает комфорт проживания;
- многоэтажность: с использованием CLT-панелей: возможно строительство домов до 10 этажей, что расширяет возможности применения технологии в городском строительстве;
- сокращение сроков строительства: благодаря заводскому производству и удобству монтажа, строительство с использованием CLT-панелей занимает меньше времени по сравнению с традиционными методами строительства из древесины;
- звукоизоляция: помещения, построенные из CLT-панелей, обладают хорошей звукоизоляцией, что создаёт комфортные условия для проживания и работы;
- заводская отделка и разводка сетей: многие отделочные работы и прокладка коммуникаций могут быть выполнены в заводских условиях, что упрощает процесс строительства;
- низкая теплопроводность и высокая удельная теплоёмкость: эти свойства обеспечивают эффективное сохранение тепла в помещениях, снижая расходы на отопление.

Важным аспектом применения CLT-панелей является отсутствие загрязнений в процессе строительства. В отличие от традиционных материалов, таких как кирпич, бетон и железобетон, производство и монтаж CLT-панелей не сопровождаются выделением вредных веществ.

CLT-панели объединяют в себе лучшие характеристики деревянного строительства, такие как безусадочность, массивность и жёсткость. Они позволяют строить многоэтажные жилые дома с повышенными показателями огнестойкости и акустическими параметрами, что делает их подходящими для различных типов зданий.

Максимальный размер плит составляет 3×9 м, а толщина варьируется от 60 до 400 мм. Наиболее распространённая толщина панелей для использования – от 100 до 200 мм. Стены из CLT-панелей могут быть наружными и внутренними, с каналами для прокладки электрических сетей [4].

Применение CLT-панелей позволяет снизить вес конструкций, что приводит к экономии на строительстве подземной части здания и уменьшает расход материалов. Это, в свою очередь, снижает транспортные расходы и общую стоимость квадратного метра жилья, способствуя развитию инфраструктуры городов.

Строительство завода по производству CLT-панелей может повысить качество строительства, сократить сроки сдачи жилых зданий, создать новые рабочие места и улучшить архитектурный облик городов. Это особенно актуально для регионов с доступной сырьевой базой, таких как Дальний Восток России.

### Литература

1. Бурчик В.В., Кузьмич Н.П. Использование перекрестно-клееной древесины в жилищном строительстве // Системные технологии. 2023. № 4 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-perekrestno-kleenoydrevesiny-v-zhilischnom-stroitelstve> (дата обращения: 31.03.2025).
2. Будаев В.А. Конструктивные и технологические расчеты в производстве деревянных клеёных конструкций : учебн. пособие / В.А. Будаев, А.А. Колесникова // Йошкар-Ола: Поволжский гос. Технологический ун-т, 2015. – 115 с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-perekrestno-kleenoydrevesiny-v-zhilischnom-stroitelstve> (дата обращения: 31.03.2025).
3. Лабудин Б.В. Клееные деревянные конструкции: состояние и проблемы развития / Б.В. Лабудин, Е.Н. Серов // Изв. Вузов. Лесной журнал. – 2013. – № 2. – С. 137–146.
4. Лабудин Б.В. Применение высоких деревоклееных балок в покрытии зданий текстильных цехов / С.И. Рощина, М.С. Лисятников, В.И. Мелехов, Б.В. Лабудин, М.В. Лукин // Изв. высш. учеб. заведений. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 5(365). – С. 267–271.

## ПРОЦЕСС СОЗДАНИЯ И ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЕРЕКРЁСТНО-КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Существует множество строительных материалов, подходящих для использования в качестве опорных конструкций или для статичных областей применения, включая конструкционную массивную древесину, двойные и тройные балки, брус из клеёного шпона, клеёную и перекрёстно-клеёную древесину.

В начале 1990-х годов в Австрии и Германии был представлен инновационный продукт из древесины, известный как Cross-Laminated Timber (CLT). CLT – это система деревянных панелей для строительства, которая может стать «экономически конкурентоспособным решением на основе древесины, дополняющим существующие варианты легкого каркаса и тяжелой древесины». CLT также может заменить бетон, каменную кладку и сталь в некоторых областях применения.

В начале 2000-х годов, после медленного старта, строительство из CLT возросло; рост производства можно частично объяснить движением за экологичное строительство, а также более высокой «эффективностью, одобрением продукции и улучшенными каналами маркетинга и дистрибуции» CLT. Другим фактором, способствующим растущей популярности CLT, является то, что CLT, как и каменная кладка и бетон, представляет собой тяжелую строительную систему.

В настоящее время сотни зданий и сооружений по всему миру построены с использованием CLT. Эти конструкции иллюстрируют многочисленные преимущества CLT, которые он может предложить строительной отрасли. Присутствие CLT в Европе доказало его конкурентоспособность в среднеэтажных и высотных зданиях благодаря простоте обращения во время строительства и высокому уровню заводской готовности.

Перекрёстно-клеёная древесина (BSP, англ. Cross Laminated Timber, CLT) – это строительный материал в виде плит, состоящий минимум из трёх слоёв, склеенных крест-накрест. Слои формируются из однослойных плит, которые, в свою очередь, состоят из ламелей (рис. 1). Подобно фанере, крестообразная структура обеспечивает высокую формоустойчивость. Этот материал используется в строительстве домов для потолочных и стеновых элементов, а также в строительстве временных дорог, например, при добыче нефти и газа в отдалённых районах.

В жилищном и промышленном строительстве перекрёстно-клеёная древесина служит для создания статичных несущих и ненесущих конструкций. Её можно использовать для внешних и внутренних стен, кровельных и потолочных элементов, лестниц и балконных плит. Благодаря лёгкому весу, она часто применяется для надстроек на зданиях. На неё легко крепятся звуко-

изоляция, монтажные приспособления и элементы фасада. Из неё также строят деревянные башни для ветроэлектростанций.

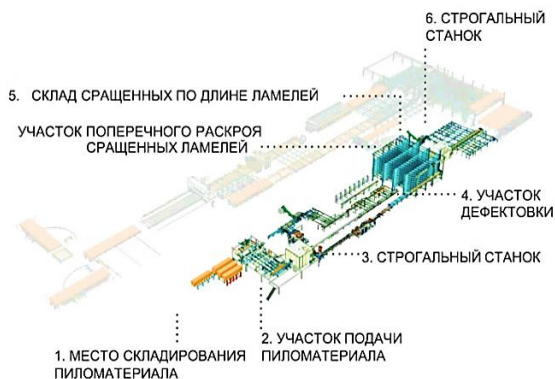


Рис. 1. Процесс производства перекрёстно-клеёных плит

Перекрёстно-клеёную древесину можно успешно комбинировать с другими материалами, такими как бетон, что делает её идеальным выбором для многоэтажных построек. В Брумунддале (Норвегия) находится самое высокое 18-этажное здание из перекрёстно-клеёной древесины высотой более 80 м.

Типовые плиты из перекрёстно-клеёной древесины имеют от трёх до семи слоёв и общую толщину до 50 см. Можно производить плиты длиной до 20 метров и шириной до шести метров. На рынке этот материал также известен как поперечно-клеёная древесина, крупномерная древесина или поперечный слоистый пластик (рис. 2).

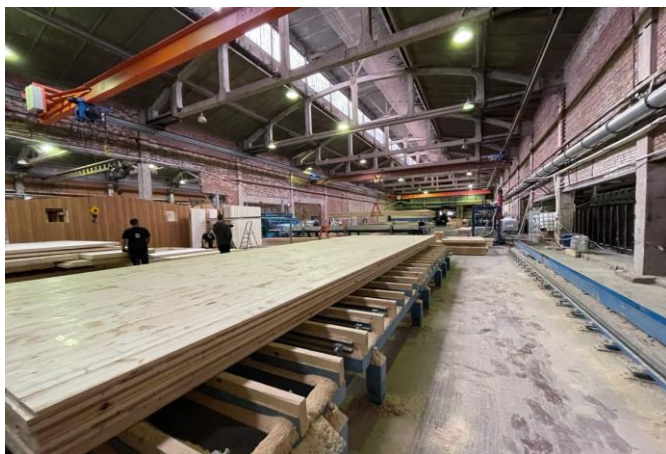


Рис. 2. Линия по производству CLT-панелей

При правильном проектировании, строительстве и защите от непогоды и влажности здание из поперечно-клеёной древесины может прослужить века. Рынок этого материала динамично растёт во всём мире: в 2019 году объём производства достиг 2,5 млн м<sup>3</sup>, а к 2027 году объём рынка оценивается в 2,3 млрд долларов при среднегодовом темпе роста 12,51 %.

Производственные процессы для клеёной и перекрёстно-клеёной древесины схожи, но прессы, используемые в этих процессах, отличаются по конструкции.

### **Литература**

1. Беляев Н. Огневые испытания деревянных домов из цельной клееной древесины / Н. Беляев, А. Тамби // Бюллетень Ассоциации ЛЕСТЕХ. – 2022. – № 4(10). – С. 32–33.
2. Бойтемирова И.Н. Скандинавский стиль в строительстве зданий из древесины / И.Н. Бойтемирова, Л.В. Асмолова, Е.О. Брага // Вестник научных конференций. – 2020. – № 9. – 2(61). – С. 16–20.
3. Борщев А.Ф. Развитие нормативной базы строительства из древесины / А.Ф. Борщев // Стандарты и качество. – 2020. – № 11. – С. 105–108.
4. Девятникова Л.А. Влияние условий эксплуатации на разрушение конструкций жилых домов из древесины / Л.А. Девятникова, А.А. Симонова // Resources and Technology. – 2020. – Т. 17. – № 3. – С. 36–49.
5. Мостовая Н.В. Современное строительство зданий из древесины / Н.В. Мостовая // Аллея науки. – 2018. – Т. 3. – № 7(23). – С. 279–281.

**Т. Ю. Белоусов**

**Научный руководитель д.п.н., доцент Г.А. Иващенко**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЕКТНО-ГРАФИЧЕСКОГО ПРОФЕССИОНАЛИЗМА БАКАЛАВРОВ-СТРОИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ САПР-ТЕХНОЛОГИЙ**

Компьютер и технологии САПР навсегда вошли в профессиональную деятельность инженеров различных отраслей промышленности и строительства. Разработка архитектурно-строительных проектов, возведение зданий и сооружений, планировка земельных участков под строительство давно уже выполняется с применением САПР-технологий [1].

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования для подготовки бакалавров строительных направлений регламентирует формирование у будущих специалистов умений проектирования объектов строительства и инфраструктуры. Таким образом, учебная деятельность должна быть направлена на развитие указанных умений.

Мироновой Л.И. и Шатыбелко М.П. на основе анализа профессиональной подготовки инженерно-строительных кадров показано, что в условиях цифровой трансформации образования формирование проектных умений находится на низком уровне [2], образовательные технологии отстают от стремительного развития цифровизации. И это, несомненно, актуализирует данное исследование.

Проектировочная деятельность – это многокомпонентная деятельность, представляющая собой ряд этапов по расчету и разработке конструктивных решений здания или сооружения. Немаловажную роль в этом процессе играет выполнение графической части проекта. Поэтому считаем, что на первом курсе при изучении дисциплины «Инженерная графика» студенты начинают формировать проектно-графические умения. Проектно-графический профессионализм – это сформированные компетенции, отражающие готовность к проведению проектных работ на базе геометро-графической информации и развитого пространственного мышления [3].

Современным средством реализации профессиональных задач в оформлении конструкторской документации строительного объекта является программное обеспечение САПР-технологий. В связи с уходом из России зарубежных ИТ-компаний для разработки проектов в большей степени подходит продукт российской корпорации АСКОН – КОМПАС-3D [4], являющийся на сегодняшний день одной из самых востребованных российских САПР-платформ для проектирования. Его используют в машиностроении, в строительстве, архитектуре, при создании BIM-моделей зданий и сооружений. Кроме того, у российской разработки мощный потенциал, а именно:

*Локализация и актуальность.* Программа, разработанная в России полностью адаптирована под российские строительные нормы и правила (ГОСТы, СП, ГЭСНы, ФЕРы), что, несомненно, даёт огромный плюс для учебы и работы.

*Развитие BIM-технологий.* В последние годы КОМПАС-3D интенсивно развивается именно как BIM-система: реализован модуль информационного моделирования зданий (интеграция параметров, обмен данными через IFC, работа с многослойными конструкциями, генерирование ведомостей, экспликаций).

*Связь с другими российскими САПР.* КОМПАС-3D отлично интегрируется с другими отечественными решениями (например, вертикальные решения для смет, инженерные сети и т.д.), а также с программами, трёхмерного дизайн-моделирования пространства, например, Blender, что способствует повышению качества архитектурных проектов.

Рассмотрим достоинства КОМПАС-3D на примере выполнения бакалаврами направления «Строительство» архитектурно-строительного чертежа в рамках дисциплины Инженерная графика.

Построение планов и разрезов здания ведется с разделами вкладки *Приложения – Архитектура АС/АР* и *СПДС-Помощник*, используя которые несложно построить сетку координационных осей, выполнить стены и перегородки и разместить оконные и дверные проёмы с заданными привязками.

*Каталог (Архитектура АС/АР)* содержит инструменты *Кровля*, *Входная группа*, *Лестница*, *УГО* и др., что значительно облегчает дальнейшее построение первого этажа здания. Выполнение второго и последующих при необходимости этажей заключается в копировании уже построенного плана этажа и корректировкой конструкторских элементов. На рис. 1 представлено выполнение планы первого и второго этажей. В нашем случае два этажа, поэтому для второго этажа используется инструмент *Кровля* из *Каталога*.

Выполнение 3-D модели построенных этажей здания производится посредством подключения *Менеджера объекта строительства*. По планам этажей КОМПАС-3D генерирует 3-D модели каждого этажа. На рис. 2 представлены 3-D модели первого и второго этажей. В режиме *Сборка* производится сборка этажей. На рис. 3 представлены этажи в сборе. Крыша выполнена непосредственно в режиме *Сборка*, поскольку, простые по конструкции в каталоге не представлены.

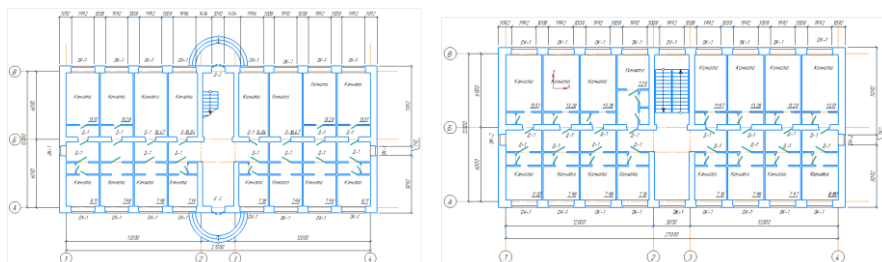


Рис. 1. Планы 1-го и 2-го этажей здания

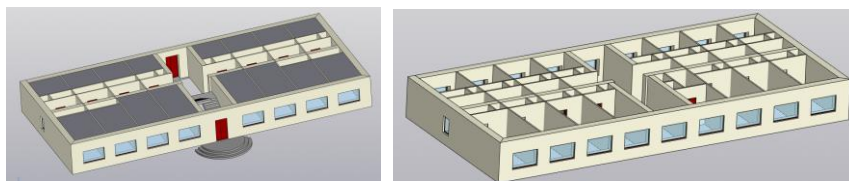


Рис. 2. Генерация 1-го и 2-го этажей

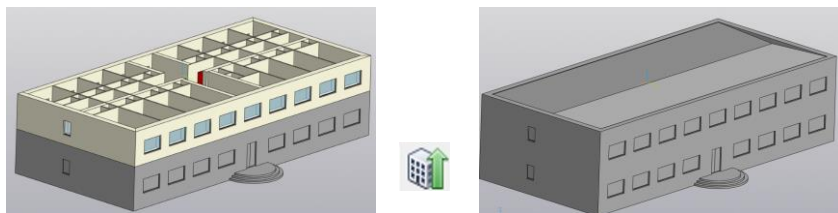


Рис. 3. Сборка этажей

Инструмент КОМПАС-3D *Стандартные виды с модели* генерирует на чертеже все фасады здания и план кровли. А также по построенным фасадам здания инструмент *Линия разреза* генерирует необходимое количество продольных и поперечных разрезов.

Для доработки планов и разрезов здания, а, именно, нанесение размерных цепочек, высотных отметок, нанесение наименований помещений и их площадей используется *СПДС-помощник*. На рис. 4 представлен конечный результат работы по выполнению архитектурно-строительного чертежа здания.

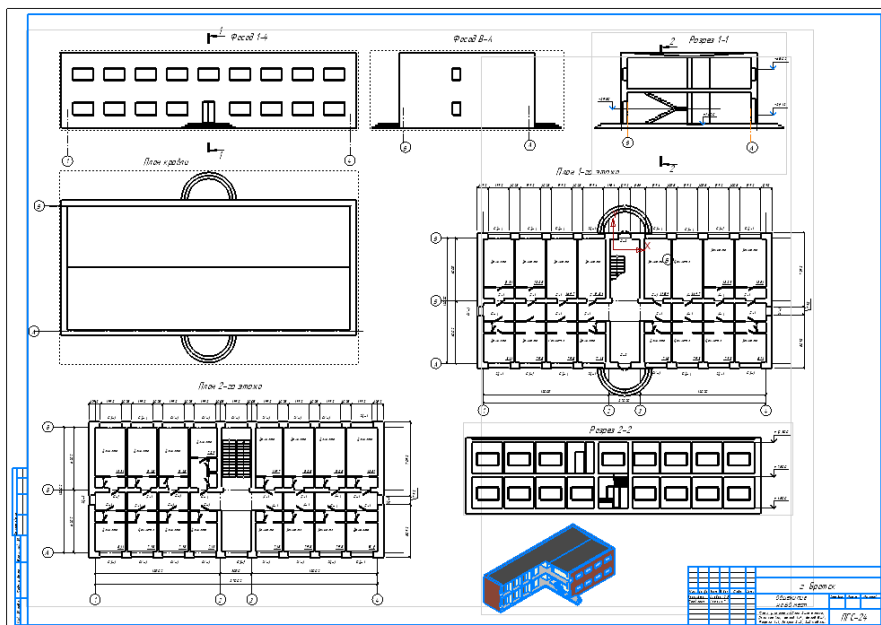


Рис. 4. Конечный результат

Возможности современного программного продукта КОМПАС-3D намного ускоряют процесс разработки архитектурно-строительных проектов, облегчая рутинную работу и повышая мотивацию к творческому процессу. Нами отмечены следующие достоинства КОМПАС-3D как инструмента для будущего конструктора или архитектора:

**Доступность и поддержка.** Программа доступна на территории России без риска отключения или санкций, нет проблем с активацией и обновлениями. У АСКОН – собственная техническая поддержка, учебные лицензии для студентов и вузов.

*Русскоязычный интерфейс и документация.* Всё на русском языке: меню, подсказки, обучалки, техподдержка – изучать и применять легче, чем многие зарубежные аналоги.

*Гибкая настройка под любые задачи.* Можно проектировать здания, промышленные объекты, детали, конструкции, работать поэлементно или сразу собирать BIM-модель, быстро получать табличные данные.

*КОМПАС-3D отличается от зарубежных программ (Autodesk Revit, ArchiCAD и др.) следующее:*

*Доступность и гарантия работы.* Нет ограничений из-за санкций, нет риска, что лицензию заблокируют, обновления перестанут выходить или остановят поддержку. Доступно для применения на всех уровнях, включая государственные заказы и экспертизы.

*Низкий порог входа.* Интерфейс привычен российским студентам и инженерам, логика схожа с классическими САПР, отсутствует множество «западных» терминов и подходов.

*Дружелюбие для учебы.* Бесплатные или льготные лицензии для ВУЗов, множество русскоязычных материалов и активное сообщество. Реальный запрос на специалистов с опытом работы именно в КОМПАС-3D среди отечественных компаний.

## Литература

1. Иващенко Г.А., Григоревский Л.Б. Проектно-графическое моделирование инженерно-строительных объектов с использованием российских САПР-технологий. Совершенствование качества образования: сборник статей XXII (XXXVIII) Всероссийской научно-методической конференции. – Братск: Изд-во БрГУ, 2025. – 319 с. (С. 49–55).

2. Миронова Л.И., Шатыбелко М.П. Современные подходы к инженерно-строительному образованию в контексте цифровой трансформации отрасли. Наука и практика в образовании: электронный научный журнал. Nauka i praktika v obrazovanii : elektronii nauchnyi zhurnal. URL : <https://izdanie-nauka.ru/ru/article-np/sovremennye-podkhody-k-inzhenerno-stroitelnomu-obrazovaniyu-v-kontekste-cifrovoy/>. – Текст : электронный (дата обращения 24.03. 2025).

3. Иващенко Г.А., Кобзова И.О. К вопросу совершенствования проектно-графического профессионализма бакалавров направления Садово-парковое и ландшафтное строительство на примере дисциплины «Инженерная графика и САПР». Совершенствование качества образования: сборник статей XXI (XXXVII) Всероссийской научно-методической конференции. – Братск: Изд-во БрГУ, 2024. – 359 с. (С. 29–33).

4. Цифровизация госсектора. – URL : [https://www.cnews.ru/projects/2022/Nazvany\\_trendy\\_razvitiya\\_produktov\\_CAD\\_i\\_CAE](https://www.cnews.ru/projects/2022/Nazvany_trendy_razvitiya_produktov_CAD_i_CAE). – Текст: электронный (дата обращения 25.03. 2025).

## **КОНТРОЛЬ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ФУНКЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ**

Защита здания от потерь тепла это совокупность теплофизических и теплоэнергетических характеристик элементов здания, обеспечивающих безопасную эксплуатацию с позиции теплового режима помещений и способствующих экономному расходованию энергетических ресурсов. Основными факторами теплозащиты являются теплофизические свойства и характеристики ограждающих конструкций здания, удельная эффективная теплозащитная характеристика здания, которая в свою очередь зависит от влажности и воздухопроницаемости ограждающих конструкций. К характеристикам тепловой защиты ограждающих конструкций относятся приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций, свойства теплоустойчивости ограждающих конструкций, теплоусвоение поверхности пола, и др. санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к ограждающим конструкциям.

Здание, при любой технологии его возведения имеет уязвимые места с точки зрения теплоизоляции, а в течении эксплуатационного периода могут возникнуть дополнительные повреждения и дефекты, изменяющие тепловую характеристику конструкций и отдельных элементов. Актуальность контроля теплофизических параметров при вводе и в период эксплуатации зданий – необходимость энергосберегающей действительности сегодняшнего времени.

Цель исследований – определить возможности контроля теплофизических параметров зданий и сооружений в настоящее время в РФ.

В Российской Федерации требования к теплозащитной функции ограждающих конструкций регламентированы СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий» [1].

Одним из наиболее распространенных методов контроля теплозащитной функции ограждающих конструкций зданий и сооружений является тепловизионное обследование – дистанционное измерение тепловизором температурного поля на поверхности ограждающих конструкций, между внутренними и наружными сторонами которых существует перепад температуры, визуализация температурных аномалий для определения дефектов в виде областей повышенных теплопотерь, связанных с нарушением теплоизоляции, а также областей фильтрации воздуха через ограждающие конструкции.

Согласно ГОСТ Р 54852–2011 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций»[2], порядок проведения тепловизионного обследования включает в себя несколько этапов:

1. Подготовка объекта:
  - очистка поверхностей ограждающих конструкций от загрязнений, а также от материалов и предметов, препятствующих контролю;
  - подготовка специальных рабочих платформ, лестниц, телескопических опор и других содействующих средств, помогающих проведению диагностики;
  - установка датчиков температуры на объекте контроля;
  - проверка технического состояния тепловизионной аппаратуры и настройка ее параметров.
2. Проведение обследования:
  - определение областей контроля и выбор участков поверхности ограждающих конструкций, подлежащих сканированию;
  - сканирование выбранных участков поверхности ограждающих конструкций с помощью тепловизионной аппаратуры;
  - запись и обработка полученных тепловизионных данных.
3. Анализ и интерпретация результатов исследования:
  - оценку тепловизионных изображений, определение областей нарушения теплоизоляции;
  - оценку качества теплоизоляции, определение ее параметров;
  - оценку причин и возможных последствий нарушений теплоизоляции.
4. Оформление отчета:
  - формирование отчета о результатах тепловизионного контроля;
  - предоставление заказчику отчета и рекомендаций по устранению выявленных нарушений [2].

Тепловизионная аппаратура (тепловизор, тепловизионный измерительный прибор или термографическая камера) – оптико-электронный прибор, предназначенный для бесконтактного (дистанционного) наблюдения, измерения и регистрации температурных полей (пространственно-временного распределения температуры поверхности объектов), находящихся в поле зрения прибора.

Тепловизоры являются важным инструментом при контроле теплозащитной функции ограждающих конструкций зданий и сооружений, обладают рядом значительных преимуществ, но также и некоторыми недостатками, что отражено в табл. 1.

Учитывая такие факторы, как разрешение, температурный диапазон и область применения, сравнение различных моделей тепловизоров, которое отражено в табл. 2, позволяет выбрать оптимальное оборудование для конкретных целей и задач [3–7].

Контроль теплозащитной функции ограждающих конструкций – важнейший аспект энергоэффективности зданий. Тепловизионное обследование становится одним из ключевых инструментов для выявления недостатков теплоизоляции и оценки теплотехнических свойств ограждающих конструкций. Этот метод обладает значительными преимуществами, такими как быстрое выявление скрытых дефектов и отсутствие контакта с обследуемым объектом, однако требует квалифицированного персонала и дорогостоящего оборудования.

Таблица 1

## Преимущества и недостатки тепловизоров

| Преимущества                                                                                                                                            | Недостатки                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Бесконтактное обследование – позволяет проводить анализ без физического взаимодействия с элементами здания, что исключает риск повреждения           | 1. Зависимость от погодных условий – точность результатов может варьироваться исходя из уровня температуры на улице и внешних факторов (дождь, снег, ураган и т.д.)                         |
| 2. Высокая скорость диагностики – происходит в сравнительно короткие сроки, что экономит время заказчика                                                | 2. Необходимость в специализированных знаниях – для составления отчета требуются специализированные определенные навыки и опыт, что ограничивает возможность самостоятельного использования |
| 3. Обнаружение скрытых дефектов – выявляет проблемы, которые невозможно обнаружить визуально, например, утечки тепла, влажность или недостатки изоляции | 3. Стоимость оборудования и услуг – высокая цена может стать барьером для проведения такого вида обследования                                                                               |

Таблица 2

## Рейтинг тепловизоров

| № п/п | Название            | Изображение                                                                         | Страна-изготовитель | Описание                                                                                                                                                         |
|-------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                   | 3                                                                                   | 4                   | 5                                                                                                                                                                |
| 1     | Ermenrich Seek TV90 |   | Китай               | Разрешение 320x240 пикселей. Работает в диапазоне от -20 до +550 °С. Подходит для электродиагностики, инспекции тепловых потерь и технического обслуживания [3]. |
| 2     | CEM DT-9868S        |  | Китай               | Разрешение 160x120 пикселей. Работает в диапазоне от -20 до +300 °С. Подходит для диагностики электроники, механических узлов и строительных объектов [4].       |

| 1 | 2                    | 3                                                                                 | 4     | 5                                                                                                                                                         |
|---|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Guide Sensmart PC230 |  | Китай | Разрешение 256x192 пикселей и чувствительность 0,05 °С. Работает в диапазоне от -20 до +550 °С. Подходит для электромонтажа, HVAC и инспекции зданий [5]. |
| 4 | UNI-T UTi260B        |  | Китай | Разрешение 256x192 пикселей. Работает в диапазоне от -15 до +550 °С. Подходит для технической диагностики на производстве и в строительстве [6].          |
| 5 | FLIR TG165-X         |  | Китай | Разрешение 80x60 пикселей. Работает в диапазоне от -25 до +300 °С. Подходит для диагностики электрических, механических и строительных систем [7].        |

Применение современных технологий тепловизионного контроля способствует повышению энергоэффективности зданий, снижению эксплуатационных расходов и улучшению комфортности внутреннего пространства. Регулярное проведение тепловизионных обследований помогает своевременно выявить и устранить дефекты теплоизоляции, обеспечивая оптимальные условия эксплуатации зданий и сооружений.

Выводы:

1. В РФ требования к теплозащитной функции ограждающих конструкций регламентированы СП 50.13330.2024.
2. Методика контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций изложена в ГОСТ Р 54852–2011 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций».
3. Предлагаемые на рынке образцы тепловизоров работают в диапазоне температур от –25 до +550 °С.
4. Работа с данными приборами требует специальной подготовки.
5. Среди найденных образцов приборов нет, к сожалению, оборудования отечественного производства, что делает рынок страны уязвимым.

## Литература

1. СП 50.13330.2024. Свод правил. Тепловая защита зданий. – М.: Минстрой России, 2024.
2. ГОСТ Р 54852–2024. Здания и сооружения. Методы определения показателей тепловой защиты оболочки на базе тепловизионного обследования и натурных измерений. – М.: Стандартинформ, 2024.
3. Тепловизор Ermenrich SeeK TV90 / [Электронный ресурс] // Сайт производителя: [сайт]. – URL: <https://ermenrich.ru/products/ermenrich-teplovizor-stroitelnyj-seek-tv90/> (дата обращения: 12.05.2025).
4. Тепловизор CEM DT-9868S / [Электронный ресурс] // Официальный сайт RusGeoCom: [сайт]. – URL: <https://www.rusgeocom.ru/products/teplovizor-cem-dt-9868s>. (дата обращения: 2025).
5. Тепловизор Guide Sensmart PC230 / [Электронный ресурс] // SuperEyes: [сайт]. – URL: [https://supereyes.ru/catalog/teplovizory/guide\\_pc230\\_verif/](https://supereyes.ru/catalog/teplovizory/guide_pc230_verif/) (дата обращения: 2025).
6. Тепловизор UNI-T UTi260B / [Электронный ресурс] // Интернет-магазин Vseinstrumenti.ru: [сайт]. – URL: <https://www.vseinstrumenti.ru/product/uti260b-teplovizor-portativnyj-20-550c-ip65-2-8-tft-lcd-interfejs-usb-displej-320x240-pikselej-kartapamyati-uni-t-00-00012010-8014838/>. (дата обращения: 2025).
7. Тепловизор FLIR TG165-X / [Электронный ресурс] // Сайт официального дистрибьютора Flir Pro: [сайт]. – URL: [https://www.flir.pro/product/flir\\_tg165-x](https://www.flir.pro/product/flir_tg165-x) (дата обращения: 2025).

**В.В. Грохотов**

**Научный руководитель к.т.н., доцент А.А. Зиновьев**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ В БЕТОННЫХ СМЕСЯХ И ЗАТВЕРДЕВШЕМ БЕТОНЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

Бетон является одним из самых известных строительных материалов благодаря своей универсальности, долговечности и прочности, что делает его незаменимым при возведении зданий, мостов, дорог и других инженерных сооружений.

Качество бетонных и железобетонных конструкций, а также эксплуатационные характеристики, зависят от свойств бетона, которые определяются характеристиками сырьевых компонентов. Влияние свойств заполнителей на характеристики бетонной смеси и бетона являются фундаментальным аспектом в производстве долговечного и качественного материала.

В Иркутской области характеристики мелкого и крупного заполнителей бетонной смеси оказывают существенное влияние на качество и долговечность бетона, так как их особенности связаны с местными ресурсами региона и требованиями к свойствам материалов в условиях сурового климата и высокой сейсмической активности [1–3].

Данные особенности необходимо учитывать при обеспечении показателей качества готовой продукции.

Для бетонной смеси и бетона, в основном, используются речные и карьерные пески, в которых важны зерновой состав, модуль крупности, содержание пылевидных и глинистых частиц, органических примесей. Широко используются пески с карьеров вблизи Ангарска и Иркутска. Важно контролировать содержание глинистых примесей, так как некоторые месторождения характеризуются их повышенным содержанием [4, 5].

Влияние свойств песка на бетонную смесь и затвердевший бетон [6, 7] представлено в табл. 1.

Таблица 1

**Свойства мелкого заполнителя, влияющие на бетонную смесь и затвердевший бетон**

| Свойство мелкого заполнителя | Факторы, влияющие на свойства бетонной смеси и бетона                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Определение фактора                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                            | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Гранулометрический состав    | Удобоукладываемость                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Песок с хорошим гранулометрическим составом (содержащий зерна различной крупности, равномерно распределенные по размерам) обеспечивает хорошую удобоукладываемость бетонной смеси; позволяет цементному тесту равномерно обволакивать зерна заполнителя, снижает внутреннее трение и облегчает укладку и уплотнение смеси |
|                              | <i>Избыток песка при удобоукладываемости – может привести к «вязкой» и трудноукладываемой смеси, требующей большего количества воды, что снижает прочность бетона и увеличивает усадку. Недостаток песка при удобоукладываемости – может привести к «жесткой» и расслаивающейся смеси, которую трудно уплотнить, что снижает прочность и долговечность бетона. Оптимальное соотношение песка при удобоукладываемости – обеспечивает хорошую удобоукладываемость, позволяя смеси легко заполнять форму и уплотняться без расслоения</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                              | Водопоглощаемость                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Песок с плохим гранулометрическим составом (например, с преобладанием мелких зерен) требует большего количества воды для обеспечения заданной удобоукладываемости; избыток воды приводит к снижению прочности бетона и увеличению усадки                                                                                  |
|                              | Прочность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Песок с оптимальным гранулометрическим составом обеспечивает более плотную структуру бетона, что повышает его прочность                                                                                                                                                                                                   |

| 1                                                        | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                          | <i>Избыток мелких зерен песка при прочности – увеличивает водопотребность и снижает прочность бетона. Недостаток крупных зерен песка при прочности – ухудшает уплотнение и снижает прочность бетона. Оптимальное соотношение песка – обеспечивает плотную структуру бетона и максимальную прочность</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                          | Усадка                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Песок с хорошим гранулометрическим составом позволяет снизить усадку бетона, так как он уменьшает количество цементного теста, необходимого для заполнения пустот между зернами                                                                                                                           |
|                                                          | <i>Избыток песка при усадке – увеличивает содержание цементного теста в смеси, что приводит к увеличению усадки. Недостаток песка при усадке – может привести к неравномерной усадке и образованию трещин. Оптимальное соотношение песка – минимизирует усадку и снижает риск образования трещин</i>    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Модуль крупности                                         | Модуль крупности (Мк)                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Песок с Мк от 2,0 до 3,0 обычно считается оптимальным для большинства видов бетона; более мелкий песок ( $M_k < 2,0$ ) может повысить водопотребность и снизить прочность бетона; более крупный песок ( $M_k > 3,0$ ) может ухудшить удобоукладываемость бетонной смеси                                   |
| Зерновой состав                                          | Удобоукладываемость и прочность                                                                                                                                                                                                                                                                         | Кварцевый песок обычно считается наиболее подходящим для производства бетона, так как он обладает высокой прочностью и химической стойкостью; наличие большого количества слюды или других слабых минералов может снизить прочность бетона                                                                |
| Форма зерен                                              | Водопотребность                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Угловатые зерна требуют большего количества воды для обеспечения заданной удобоукладываемости, так как они имеют большую площадь поверхности и более развитую текстуру                                                                                                                                    |
|                                                          | Удобоукладываемость                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Округлые зерна обеспечивают лучшую удобоукладываемость, так как они легче скользят друг относительно друга                                                                                                                                                                                                |
|                                                          | Прочность сцепления с цементным камнем                                                                                                                                                                                                                                                                  | Угловатые зерна обеспечивают более прочное сцепление с цементным камнем, так как они имеют более развитую поверхность и создают механическое зацепление                                                                                                                                                   |
| Содержание глинистых, пылевидных и органических примесей | Влияние на гидратацию цемента, прочность и долговечность бетона                                                                                                                                                                                                                                         | Глинистые и пылевидные примеси снижают скорость гидратации цемента, ухудшают сцепление цементного камня с зернами заполнителя, увеличивают водо-потребность и снижают прочность и долговечность бетона; могут образовывать тонкую пленку на поверхности зерен песка, препятствуя адгезии цементного теста |
|                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Органические примеси могут замедлять или нарушать процесс твердения цемента, снижать                                                                                                                                                                                                                      |

| 1                       | 2                                                       | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         |                                                         | прочность и долговечность бетона; могут содержать гуминовые кислоты, сахара и другие вещества, которые влияют на химические реакции в цементном тесте                                                                                                                                                       |
| Минералогический состав | Стойкость к агрессивным средам и морозостойкость бетона | Минералогический состав песка может влиять на стойкость бетона к агрессивным средам (например, к воздействию кислот или щелочей) и морозостойкость; наличие определенных минералов может повысить устойчивость бетона к этим факторам                                                                       |
| Влажность               | В/Ц                                                     | Влажность песка необходимо учитывать при расчете водоцементного отношения (В/Ц), так как вода, содержащаяся в песке, влияет на общее количество воды в бетонной смеси; неправильный учет влажности песка может привести к отклонению В/Ц от заданного значения и, как следствие, к изменению свойств бетона |

Основные месторождения щебня в Иркутской области представлены различными горными породами, такими как гранит, диорит, известняк и гравий, в которых важны прочность, морозостойкость, зерновой состав, содержание пылевидных и глинистых частиц. Часто в регионе используется щебень из Ангарского месторождения, характеризующийся достаточной прочностью и морозостойкостью [8,9].

Влияние свойств щебня на бетонную смесь и затвердевший бетон представлено в табл. 2.

Таблица 2

**Свойства крупного заполнителя, влияющие на бетонную смесь  
и затвердевший бетон**

| Свойство крупного заполнителя | Факторы, влияющие на свойства бетонной смеси и бетона      | Определение фактора                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                             | 2                                                          | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Прочность                     | Марка по прочности и ее связь с прочностью бетона          | Прочность щебня характеризуется маркой по прочности на сжатие. Марка щебня должна быть выше, чем требуемая марка бетона. Использование щебня с низкой прочностью приведет к снижению прочности бетона, даже если используется высокопрочный цемент                                                                   |
|                               | Влияние на долговечность бетона при динамических нагрузках | Щебень высокой прочности обеспечивает повышенную устойчивость бетона к динамическим нагрузкам (например, при воздействии вибрации или ударных нагрузок). Это особенно важно для бетона, используемого в дорожном строительстве, при строительстве мостов и других сооружений, подверженных динамическим воздействиям |

| 1                          | 2                                                                                                                | 3                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лещадность                 | Влияние на удобоукладываемость, водопотребность и прочность бетона                                               | Зерна щебня, имеющие пластинчатую (плоскую) или игловатую (удлиненную) форму, плохо уплотняются, увеличивают пустотность бетонной смеси, повышают ее водопотребность и снижают прочность бетона   |
|                            | Нормы по лещадности в зависимости от назначения бетона                                                           | Для высокопрочных и ответственных конструкций рекомендуется использовать щебень с низким содержанием пластинчатых и игловатых зерен (обычно не более 15 %)                                        |
| Морозостойкость            | Марка по морозостойкости и ее влияние на долговечность бетона в условиях циклического замораживания и оттаивания | Использование щебня с низкой морозостойкостью приведет к разрушению бетона под воздействием циклического замораживания и оттаивания, особенно в условиях влажного климата                         |
|                            | Влияние пористости щебня на морозостойкость                                                                      | Высокая пористость щебня способствует накоплению воды в его порах, которая при замерзании расширяется и разрушает материал                                                                        |
| Адгезия к цементному камню | Зависимость от шероховатости поверхности щебня                                                                   | Шероховатая поверхность щебня обеспечивает лучшее сцепление, так как она создает механическое зацепление с цементным камнем                                                                       |
|                            | Влияние на прочность сцепления и общую прочность бетона                                                          | Хорошая адгезия щебня к цементному камню повышает прочность сцепления и общую прочность бетона, особенно на растяжение и изгиб                                                                    |
| Петрографический состав    | Влияние на стойкость к щелочной коррозии и другим видам разрушения                                               | Петрографический состав щебня может влиять на его стойкость к щелочной коррозии и другим видам разрушения. Например, щебень, содержащий опал или халцедон, может быть подвержен щелочной коррозии |
| Размер фракций             | Влияние на удобоукладываемость и прочность бетона                                                                | Использование щебня с оптимальным размером фракций обеспечивает плотную упаковку зерен и снижает водопотребность бетонной смеси                                                                   |
|                            | Выбор оптимального размера фракций в зависимости от назначения бетона                                            | Для массивных конструкций можно использовать щебень более крупных фракций, а для тонкостенных конструкций и армированных элементов – щебень более мелких фракций                                  |

Для обеспечения качества и долговечности бетонных конструкций, особенно в условиях сурового климата и сейсмической активности, крайне важно учитывать характеристики местных заполнителей. Необходимо тщательно контролировать зерновой состав, модуль крупности, содержание примесей в песке, а также прочность, морозостойкость и лещадность щебня, поскольку эти свойства оказывают значительное влияние на удобоукладываемость, водопотребность, прочность, усадку и, как следствие, на общую долговечность бетона.

## Литература

1. Гуртнязов М. Значимость бетона и бетонной смеси в строительстве // Вестник науки. 2024. № 5. URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/znachimost-betona-i-betonnoy-smesi-v-stroitelstve?ysclid=mg38wnj6xv6\\_69339397](https://cyberleninka.ru/article/n/znachimost-betona-i-betonnoy-smesi-v-stroitelstve?ysclid=mg38wnj6xv6_69339397) (дата обращения: 20.09.2025).
2. Губская А.Г. Учет влияния качества сырьевых компонентов бетона и условий его эксплуатации на долговечность бетонных изделий с позиций технического нормирования // Проблемы современного бетона и железобетона. 2019. № 11. URL: <https://belniis.by/collected-research-papers/archives/2019-1/2019-11-08> (дата обращения: 20.09.2025).
3. Смирнов Д.С. Способы оптимизации составов бетонов // Вестник Казанского технологического университета. 2017. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-optimizatsii-sostavov-betonov?ysclid=mg392eoosd560973916> (дата обращения: 20.09.2025).
4. ГОСТ 8736–2014 Песок для строительных работ. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019.
5. Булгаков Б.И. Математическое моделирование влияния сырьевых компонентов на прочность высококачественного мелкозернистого бетона при сжатии // Вестник МГСУ. 2017. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-vliyaniya-syrievykh-komponentov-na-prochnost-vysokokachestvennogo-melkozernistogo-betona-pri-szhatii?ysclid=mg395oniwm264517834> (дата обращения: 20.09.2025).
6. Косач А.Ф. Процессы структурообразования и свойства мелкозернистого бетона // Омский научный вестник. 2006. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protsessy-strukturoobrazovaniya-i-svoystva-melkozernistogo-betona?ysclid=mg398atso3226109621> (дата обращения: 20.09.2025).
7. Kopanitsa N. Additives for Cement Compositions Based on Modified Peat // AIP Conference Proceedings. 2016. № 5. URL: [https://watermark02.silverchair.com/070015\\_1\\_online](https://watermark02.silverchair.com/070015_1_online) (дата обращения: 20.09.2025).
8. ГОСТ 8267–93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2018.
9. Орешкин Д.В. Проблемы строительного материаловедения и производства строительных материалов // Строительные материалы. 2010. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-stroitel'nogo-materialovedeniya-i-proizvodstva-stroitelnykh-materialov?ysclid=mg39e4uh34442704271> (дата обращения: 20.09.2025).

**В.В. Грохотов**

**Научный руководитель к.т.н., доцент А.А. Зиновьев**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»*

## **ВЛИЯНИЕ СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ НА СВОЙСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ И ЗАТВЕРДЕВШЕГО БЕТОНА**

В современном бетоноведении значительное внимание уделяется исследованию влияния сырьевых компонентов на свойства бетонной смеси и затвердевшего бетона, что обусловлено необходимостью повышения долговечности, прочности, качества и экономической эффективности бетонных и железобетонных конструкций.

Анализ литературных источников и научных публикаций свидетельствует о том, что водоудерживающая способность, связность и удобоукладываемость бетонной смеси в большей степени зависят от содержания пылевидных и глинистых частиц мелкого и крупного заполнителей, формы их зерен, гранулометрического состава [1–6].

Водонепроницаемость, морозостойкость и прочность затвердевшего бетона, в свою очередь, зависят от петрографического состава, прочности и морозостойкости мелкого и крупного заполнителей [7–9].

Качество бетонных и железобетонных конструкций напрямую зависит от свойств бетонной смеси, определяющих ее водоудерживающую способность, удобоукладываемость, плотность, вовлечение воздуха и температуру бетонной смеси [6, 10, 11].

В табл. 1 представлены основные свойства бетонной смеси и факторы, определяющие эти свойства.

Таблица 1

**Свойства бетонных смесей и определяющие их факторы**

| Важность свойства бетонной смеси                                                         | Показатели свойства бетонной смеси                                                                                           | Факторы, влияющие на свойство бетонной смеси            | Определение фактора                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                        | 2                                                                                                                            | 3                                                       | 4                                                                                                                    |
| <b>Удобоукладываемость</b>                                                               |                                                                                                                              |                                                         |                                                                                                                      |
| Обеспечивает качественное заполнение формы, плотную структуру бетона и высокую прочность | Осадка конуса (ГОСТ 10181.1-2014, п. 5);<br>расплыв конуса (ГОСТ 10181.1-2014, п. 6);<br>жесткость (ГОСТ 10181.1-2014, п. 7) | Водоцементное отношение (В/Ц)                           | Увеличение В/Ц повышает удобоукладываемость, но снижает прочность бетона                                             |
|                                                                                          |                                                                                                                              | Гранулометрический состав заполнителей                  | Хорошо подобранный гранулометрический состав (с оптимальным соотношением песка и щебня) улучшает удобоукладываемость |
|                                                                                          |                                                                                                                              | Форма зерен заполнителей                                | Округлые зерна улучшают удобоукладываемость, угловатые – ухудшают                                                    |
|                                                                                          |                                                                                                                              | Содержание пылевидных и глинистых частиц в заполнителях | Увеличение содержания ухудшает удобоукладываемость (требуется больше воды)                                           |
|                                                                                          |                                                                                                                              | Химические добавки                                      | Пластификаторы и суперпластификаторы значительно улучшают удобоукладываемость без увеличения В/Ц                     |
|                                                                                          |                                                                                                                              | Температура смеси                                       | Повышение температуры может ускорить схватывание и снизить удобоукладываемость                                       |

| 1                                                                                                                                                                      | 2                                                        | 3                                          | 4                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Водоудерживающая способность                                                                                                                                           |                                                          |                                            |                                                                                                        |
| Обеспечивает однородность и долговечность бетона                                                                                                                       | Водоотделение (ГОСТ 10181.3-2014, п. 5); расслаиваемость | Водоцементное отношение (В/Ц)              | Высокое В/Ц способствует водоотделению и расслаиванию                                                  |
|                                                                                                                                                                        |                                                          | Недостаток мелких фракций в заполнителях   | Недостаток песка или мелкого щебня ухудшает водоудерживающую способность                               |
|                                                                                                                                                                        |                                                          | Недостаточное количество цемента           | Уменьшение содержания цемента снижает вязность смеси и увеличивает риск расслаивания                   |
|                                                                                                                                                                        |                                                          | Неправильное применение добавок            | Некоторые добавки могут способствовать водоотделению                                                   |
| Плотность                                                                                                                                                              |                                                          |                                            |                                                                                                        |
| Используется для расчета количества материалов, необходимых для производства определенного объема бетона. Также является косвенным показателем качества бетонной смеси | Плотность (ГОСТ 10181.4-2014, п. 5)                      | Состав бетонной смеси                      | Соотношение цемента, воды и заполнителей                                                               |
|                                                                                                                                                                        |                                                          | Плотность сырьевых компонентов             | Плотность цемента, заполнителей и других компонентов                                                   |
|                                                                                                                                                                        |                                                          | Степень уплотнения                         | Эффективное уплотнение удаляет воздух из смеси и повышает ее плотность                                 |
|                                                                                                                                                                        |                                                          | Вовлечение воздуха                         | Преднамеренное вовлечение воздуха снижает плотность смеси                                              |
| Воздухововлечение                                                                                                                                                      |                                                          |                                            |                                                                                                        |
| Обеспечивает долговечность бетона в условиях циклического замораживания и оттаивания                                                                                   | Объем вовлеченного воздуха (ГОСТ 10181.5-2014, п. 5)     | Тип и дозировка воздухововлекающей добавки | Основной фактор, определяющий количество вовлеченного воздуха                                          |
|                                                                                                                                                                        |                                                          | Состав бетонной смеси                      | Мелкозернистые смеси и смеси с высоким содержанием песка имеют тенденцию к большему вовлечению воздуха |
|                                                                                                                                                                        |                                                          | Перемешивание                              | Интенсивное перемешивание может снизить содержание вовлеченного воздуха                                |
|                                                                                                                                                                        |                                                          | Температура                                | Более высокая температура может снизить стабильность воздушных пузырьков                               |

| 1                                                                              | 2                             | 3                                     | 4                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Температура бетонной смеси</b>                                              |                               |                                       |                                                                     |
| Поддержание оптимальной температуры обеспечивает качественное твердение бетона | Температура (ГОСТ 30459-2003) | Температура сырьевых компонентов      | Важна температура воды и заполнителей                               |
|                                                                                |                               | Температура окружающей среды          | Влияет на скорость нагрева или охлаждения смеси                     |
|                                                                                |                               | Тепловыделение при гидратации цемента | Может повысить температуру смеси, особенно в массивных конструкциях |

Немаловажными факторами, влияющими на свойства бетонной смеси, являются состав бетонной смеси, в том числе свойства цемента, мелкого и крупного заполнителей, химических добавок, а также водоцементное отношение, температура окружающей среды, технология приготовления и транспортирования.

Сырьевые компоненты, входящие в состав бетонной смеси, оказывают наибольшее влияние на свойства материала – их правильное сочетание и пропорции необходимы для производства прочных и долговечных бетонных и железобетонных конструкций.

В табл. 2 представлено влияние сырьевых компонентов (цемент, вода, песок, щебень, добавки) на некоторые свойства бетонной смеси.

Таблица 2

**Влияние сырьевых компонентов на свойства бетонной смеси**

| Сырьевой компонент | Характеристики компонента                          | Влияние на свойства бетонной смеси                                                                                                    | Нормативные требования                                                                   |
|--------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                  | 2                                                  | 3                                                                                                                                     | 4                                                                                        |
| Цемент             | Марка цемента (например, ЦЕМ I 42,5Н)              | Более высокая марка цемента может потребовать больше воды для достижения заданной удобоукладываемости, влияет на скорость схватывания | ГОСТ 31108-2020 – требования к прочности, срокам схватывания и др.                       |
|                    | Минералогический состав (например, содержание С3А) | Высокое содержание С3А ускоряет схватывание, может повысить водопотребность                                                           | -                                                                                        |
| Вода               | Чистота (отсутствие органических примесей, солей)  | Наличие примесей может замедлить или нарушить гидратацию цемента, повлиять на удобоукладываемость                                     | ГОСТ 23732-2011 – требования к pH, содержанию сульфатов, хлоридов и органических веществ |
|                    | Температура                                        | Более высокая температура ускоряет схватывание                                                                                        | -                                                                                        |

| 1      | 2                                                            | 3                                                                                                                                                                                                                                     | 4                                                                                                                                                           |
|--------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Песок  | Гранулометрический состав (модуль крупности, кривая расцева) | Влияет на удобоукладываемость, водопотребность и расслаиваемость. Песок с хорошим гранулометрическим составом (с равномерным распределением зерен разной крупности) обеспечивает лучшую удобоукладываемость и меньшую водопотребность | ГОСТ 8736-2014 – требования к гранулометрическому составу (группы песка, модуль крупности), содержанию пылевидных и глинистых частиц, органическим примесям |
| Песок  | Форма зерен (округлая, угловатая)                            | Округлая форма зерен улучшает удобоукладываемость, угловатая – увеличивает водопотребность                                                                                                                                            | ГОСТ 6139-2020, ГОСТ 8736-2014 – требования к форме зерен                                                                                                   |
|        | Содержание пылевидных и глинистых частиц                     | Увеличивает водопотребность, ухудшает удобоукладываемость и связность                                                                                                                                                                 | ГОСТ 8736-2014 – ограничение по содержанию пылевидных и глинистых частиц в зависимости от класса песка                                                      |
| Щебень | Прочность                                                    | Не оказывает прямого влияния на свойства бетонной смеси, но влияет на возможность получения бетона заданной прочности (важно учитывать при подборе состава смеси)                                                                     | ГОСТ 8267-93 – требования к прочности, морозостойкости, лещадности и другим параметрам                                                                      |
|        | Лещадность (содержание зерен пластинчатой и игловатой формы) | Ухудшает удобоукладываемость, увеличивает водопотребность, способствует расслаиваемости                                                                                                                                               | ГОСТ 8267-93 – ограничение по лещадности в зависимости от группы щебня                                                                                      |
|        | Размер фракций                                               | Влияет на удобоукладываемость и расслаиваемость. Слишком крупные фракции могут приводить к расслаиванию смеси, слишком мелкие – к увеличению водопотребности                                                                          | ГОСТ 8267-93 – требования к фракционному составу щебня                                                                                                      |

| 1       | 2                                               | 3                                                                                                                                     | 4                                                                                                                                     |
|---------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Добавки | Тип добавки (пластификатор, суперпластификатор) | Пластификаторы и суперпластификаторы значительно улучшают удобоукладываемость без увеличения водосодержания, снижают водопотребность  | ГОСТ 24211-2003 – общие требования к добавкам. Конкретные требования к отдельным видам добавок могут быть указаны в других стандартах |
|         | Дозировка                                       | Неправильная дозировка может привести к нежелательным эффектам (например, к замедлению или ускорению схватывания, снижению прочности) | Рекомендации производителя добавки (указываются в технической документации)                                                           |

Бетон характеризуется различными свойствами, определяющими его пригодность для конкретных условий эксплуатации. В табл. 3 представлены основные свойства затвердевшего бетона и факторы, определяющие эти свойства.

Таблица 3

**Свойства бетона и определяющие их факторы**

| Свойство бетона | Показатели свойства бетона                                                                                                                 | Факторы, влияющие на свойство бетона | Определение фактора                                                                               |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | 2                                                                                                                                          | 3                                    | 4                                                                                                 |
| Прочность       | Прочность на сжатие, прочность на растяжение при изгибе (ГОСТ 10180-2012); прочность на растяжение при осевом растяжении (ГОСТ 31913-2011) | Водоцементное отношение (В/Ц)        | Чем ниже В/Ц, тем выше прочность (при условии достаточного уплотнения)                            |
|                 |                                                                                                                                            | Марка цемента                        | Более высокая марка цемента обеспечивает более высокую прочность бетона                           |
|                 |                                                                                                                                            | Качество заполнителей                | Прочность и гранулометрический состав заполнителей                                                |
|                 |                                                                                                                                            | Условия твердения                    | Оптимальные температура и влажность                                                               |
|                 |                                                                                                                                            | Добавки                              | Некоторые добавки (например, суперпластификаторы, микрокремнезем) могут повысить прочность бетона |
| Морозостойкость | Марка по морозостойкости (ГОСТ 10060-2012)                                                                                                 | Водоцементное отношение (В/Ц)        | Низкое В/Ц                                                                                        |
|                 |                                                                                                                                            | Воздухововлечение                    | Наличие равномерно распределенных воздушных пор в бетоне                                          |

| 1                   | 2                                              | 3                             | 4                                                                                             |
|---------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     |                                                | Водонепроницаемость           | Низкая водонепроницаемость                                                                    |
|                     |                                                | Тип цемента                   | Некоторые типы цемента более устойчивы к замораживанию и оттаиванию                           |
|                     |                                                | Качество заполнителей         | Морозостойкость заполнителей                                                                  |
| Водонепроницаемость | Марка по водонепроницаемости (ГОСТ 12730.5-84) | Водоцементное отношение (В/Ц) | Низкое В/Ц                                                                                    |
|                     |                                                | Тип цемента                   | Пуццолановые цементы и цементы с добавками снижают водонепроницаемость                        |
|                     |                                                | Качество уплотнения           | Хорошее уплотнение уменьшает пористость бетона                                                |
|                     |                                                | Добавки                       | Некоторые добавки (например, суперпластификаторы, микрокремнезем) снижают водонепроницаемость |
| Деформативность     | Линейная усадка (ГОСТ 24544-81)                | Водоцементное отношение (В/Ц) | Высокое В/Ц увеличивает усадку                                                                |
|                     |                                                | Содержание цемента            | Увеличение содержания цемента увеличивает усадку                                              |
|                     |                                                | Влажность окружающей среды    | Низкая влажность увеличивает усадку                                                           |
|                     |                                                | Тип заполнителей              | Заполнители с высоким модулем упругости снижают усадку                                        |
|                     | Ползучесть (ГОСТ 24544-81)                     | Напряжение                    | Высокое напряжение увеличивает ползучесть                                                     |
|                     |                                                | Возраст бетона при нагружении | Чем моложе бетон, тем выше ползучесть                                                         |
|                     |                                                | Влажность окружающей среды    | Низкая влажность увеличивает ползучесть.                                                      |
|                     |                                                | Состав бетона                 | Высокое В/Ц и содержание цемента увеличивают ползучесть                                       |
| Истираемость        | Потеря массы при истирании (ГОСТ 13087-81)     | Прочность бетона              | Более прочный бетон обладает более высокой стойкостью к истиранию                             |
|                     |                                                | Тип заполнителей              | Использование твердых и износостойких заполнителей                                            |
|                     |                                                | Качество поверхности          | Гладкая и плотная поверхность более устойчива к истиранию                                     |

Перечисленные свойства затвердевшего бетона определяют его область применения и требования к составу. Также следует учитывать факторы состава самого бетона, в том числе свойства цемента, мелкого и крупного за-

полнителей, добавок, а также армирования, водоцементное отношение, условия твердения, технологии приготовления, транспортирования и укладки. Понимание данных факторов позволяет управлять свойствами затвердевшего бетона и получать материал с заданными характеристиками [12–14].

Факторы, влияющие на свойства бетонной смеси и затвердевшего бетона, взаимосвязаны и оказывают значительное влияние на конечные характеристики бетонных и железобетонных конструкций.

В табл. 4 представлено влияние сырьевых компонентов на некоторые свойства затвердевшего бетона.

Таблица 4

**Влияние сырьевых компонентов на свойства бетона**

| Сырьевой компонент | Характеристики компонента                                     | Влияние на свойства затвердевшего бетона                                                                                                                                                     | Нормативные требования                                                                   |
|--------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                  | 2                                                             | 3                                                                                                                                                                                            | 4                                                                                        |
| Цемент             | Марка цемента (например, ЦЕМ I 42,5Н)                         | Определяет потенциальную прочность бетона. Более высокая марка цемента позволяет получить бетон более высокого класса по прочности                                                           | ГОСТ 31108-2020 – требования к прочности цемента                                         |
|                    | Минералогический состав (например, содержание С3А, С3S)       | Влияет на скорость набора прочности, тепловыделение при гидратации, устойчивость к сульфатной агрессии                                                                                       | -                                                                                        |
|                    | Наличие минеральных добавок (например, пуццоланы, золы уноса) | Повышает долговечность, снижает тепловыделение, улучшает водонепроницаемость, может повысить устойчивость к щелочной реакции заполнителей                                                    | ГОСТ 24211-2003 – общие требования к добавкам для бетонов                                |
| Вода               | Чистота (отсутствие органических примесей, солей)             | Наличие примесей может снизить прочность, замедлить твердение, вызвать коррозию арматуры                                                                                                     | ГОСТ 23732-2011 – требования к pH, содержанию сульфатов, хлоридов и органических веществ |
| Песок              | Гранулометрический состав (модуль крупности, кривая распада)  | Влияет на прочность, усадку и трещиностойкость. Оптимальный гранулометрический состав обеспечивает более плотную структуру бетона и, как следствие, более высокую прочность и меньшую усадку | ГОСТ 8736-2014 – требования к гранулометрическому составу                                |
|                    | Форма зерен (округлая, угловатая)                             | Угловатая форма зерен обеспечивает лучшее сцепление с цементным камнем и, следовательно, более высокую прочность бетона                                                                      | -                                                                                        |

| 1                        | 2                                                   | 3                                                                                                                                                                                 | 4                                                                                                      |
|--------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | Содержание пылевидных и глинистых частиц            | Снижает прочность, увеличивает усадку и водопроницаемость, ухудшает морозостойкость                                                                                               | ГОСТ 8736-2014 – ограничение по содержанию пылевидных и глинистых частиц в зависимости от класса песка |
| Щебень                   | Прочность                                           | Определяет предел прочности бетона. Прочность щебня должна быть не ниже требуемой прочности бетона                                                                                | ГОСТ 8267-93 – требования к прочности щебня                                                            |
|                          | Морозостойкость                                     | Определяет морозостойкость бетона. Для конструкций, эксплуатируемых в условиях циклического замораживания и оттаивания, необходимо использовать щебень с высокой морозостойкостью | ГОСТ 8267-93 – требования к морозостойкости щебня                                                      |
|                          | Петрографический состав (наличие вредных минералов) | Наличие определенных минералов (например, опала, халцедона) может привести к щелочной реакции заполнителей и разрушению бетона                                                    | ГОСТ 8267-93 – требования к петрографическому составу щебня                                            |
| Добавки                  | Тип добавки (пластификатор, суперпластификатор)     | Снижают водопотребность, что повышает прочность, водонепроницаемость и морозостойкость                                                                                            | ГОСТ 24211-2003 – общие требования к добавкам для бетонов                                              |
| Добавки                  | Тип добавки (воздухововлекающая)                    | Повышает морозостойкость бетона                                                                                                                                                   | ГОСТ 24211-2003 – общие требования к добавкам для бетонов                                              |
|                          | Тип добавки (ингибитор коррозии)                    | Защищает арматуру от коррозии                                                                                                                                                     | ГОСТ 24211-2003 – общие требования к добавкам для бетонов                                              |
| Водо-цементное отношение | Величина отношения                                  | Чем ниже В/Ц (при условии достаточного уплотнения), тем выше прочность, водонепроницаемость и морозостойкость бетона                                                              | СП 63.13330.2018 – рекомендации по выбору В/Ц в зависимости от класса бетона и условий эксплуатации    |

Исходя из полученной информации по факторам, влияющим на свойства бетонной смеси и затвердевшего бетона, можно сделать общий вывод о том,

что факторы тесто связаны между собой и их изменение влечет за собой изменение конечных характеристик бетонных и железобетонных конструкций.

Сырьевые компоненты, в том числе мелкий и крупный заполнители, играют ключевую роль в варьировании характеристик бетонной смеси и физико-механических свойств затвердевшего бетона.

### Литература

1. Гуртнязов М. Значимость бетона и бетонной смеси в строительстве // Вестник науки. 2024. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/znachimost-betona-i-betonnoy-smesi-v-stroitelstve?ysclid=mg38wnj6xv669339397> (дата обращения: 20.09.2025).
2. Стародубцев, В.Г. Исследование влияния технологии укладки и уплотнения бетонной смеси на однородность структуры и свойств бетона // Auditorium. 2018. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-tehnologii-ukladki-i-uplotneniya-betonnoy-smesi-na-odnorodnost-struktury-i-svoystv-betona?ysclid=mg3i29vdbu886820447> (дата обращения: 20.09.2025).
3. Ежов В.Б. Технология бетона, строительных изделий и конструкций : учебное пособие. – Екатеринбург : УрФУ, 2014. – 206 с.
4. Губская А.Г. Учет влияния качества сырьевых компонентов бетона и условий его эксплуатации на долговечность бетонных изделий с позиций технического нормирования // Проблемы современного бетона и железобетона. 2019. № 11. URL: <https://belniis.by/collected-research-papers/archives/2019-1/2019-11-08> (дата обращения: 20.09.2025).
5. Макридин Н.И. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. Лабораторный практикум: учеб пособие. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 192 с.
6. ГОСТ 10181–2014 Смеси бетонные. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2019.
7. ГОСТ 10180–2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартинформ, 2018.
8. ГОСТ 10060–2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости. – М.: Стандартинформ, 2018.
9. ГОСТ 12730.5–84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости. – М.: Стандартинформ, 2007.
10. ГОСТ 7473–2010 Смеси бетонные. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2018.
11. Булгаков Б.И. Математическое моделирование влияния сырьевых компонентов на прочность высококачественного мелкозернистого бетона при сжатии // Вестник МГСУ. 2017. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematiceskoe-modelirovanie-vliyaniya-syrievykh-komponentov-na-prochnost-vysokokachestvennogo-melkozernistogo-betona-pri-szhatii?ysclid=mg3ibux9a0710762028> (дата обращения: 20.09.2025).
12. Сафронов В.Н. Электрофизические технологии активации строительных материалов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2006. – 140 с.
13. Collacicco G. Electrical potential of the water surface // Chemica Scripta. 1988. № 2. URL: <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Giuseppe-Colacicco-38925408> (дата обращения: 20.09.2025).
14. Резаев Р.О. Оптимизация рецептур тяжелого бетона на основе теории плотности упаковки // Сборник «Дороги и мосты». 2019. № 42. URL: <https://rosdorni.ru/upload/iblock/0a1/hlyvynah2da034fuy8485bavv0z4tmgl> (дата обращения: 20.09.2025).

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Современное строительство требует высокой точности и надежности конструкций. Важнейшим аспектом в этом процессе является контроль состояния материалов и конструкций. Для этих целей используются различные неразрушающие методы контроля (НК), каждый из которых обладает своими преимуществами и ограничениями. Данная работа посвящена обзору современных методов неразрушающего контроля, применяемых в строительстве. Рассмотрены ультразвуковые, радиационные, оптические и тепловизионные технологии, а также их преимущества, недостатки и области применения. Особое внимание уделено анализу точности, стоимости, безопасности и скорости проведения исследований. В заключении будет представлено сравнительное описание методов и сформулированы выводы об их роли в развитии современных подходов к строительной диагностике [1].

**1. Ультразвуковой контроль [2].** Ультразвуковой метод основан на использовании высокочастотных звуковых волн для обнаружения внутренних дефектов. В 1950-х годах советский учёный Алексей Матвеев разработал первые ультразвуковые дефектоскопы, такие как УЗД-7Н (рис. 1). Современные приборы, например, УСД-60ФР (рис. 2) с фазированными решетками, позволяют динамически изменять направление луча, обеспечивая высокую точность ( $\pm 0,01$  мм) и скорость сканирования до  $1 \text{ м}^2/\text{мин}$ .

Преимущества:

- глубина контроля до 10 м в металлах;
- возможность работы на труднодоступных участках;
- относительная безопасность для оператора;
- высокая точность;
- возможность обследования сложных конструкций;
- относительная доступность (стоимость: 1,5–5 млн рублей).

Применение ультразвукового контроля.

Контроль бетона: используется для проверки однородности бетона, выявления пустот и трещин.

Проверка сварных соединений: Ультразвуковой контроль помогает выявлять дефекты в сварных швах, что критически важно для обеспечения прочности конструкций.

Оценка состояния арматуры: позволяет определить состояние арматурных изделий внутри бетона.

Контроль качества материалов: используется для оценки качества строительных материалов, таких как сталь, бетон, композитные материалы.

Мониторинг состояния зданий: помогает в контроле состояния существующих конструкций, выявляя изменения, которые могут указывать на необходимость ремонта.



Рис. 1. Дефектоскоп УЗД-7Н



Рис. 2. Ультразвуковой дефектоскоп оснащенный фазированными решетками УСД-60ФР

**2. Радиационные методы [3].** Рентгеновский контроль использует способность лучей проникать через материалы, создавая изображения внутренних структур. В 1980-х годах Александр Денель усовершенствовал эти методы для авиакосмической промышленности. Современные цифровые аппараты, такие как СУРА ОКТ-160/310 (рис. 3), оснащены детекторами с компьютерной обработкой, что повышает детализацию и снижает влияние человеческого фактора. В табл.1 приведены достоинства и недостатки радиационных методов контроля.

Таблица 1

**Достоинства и недостатки радиационных методов контроля**

| Преимущества                                                                   | Недостатки                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Выявление скрытых дефектов (трещины, поры).<br>Высокая детализация изображений | Высокая стоимость (до 7 млн рублей).<br>Требуются меры радиационной безопасности |

Применение: Контроль качества сварных швов. Метод  $\gamma$ -дефектоскопии применяется для проверки швов трубопроводов электростанций, магистральных газо- и нефтепроводов, резервуаров и других металлоконструкций.

Определение плотности грунтов. Гаммаскопия используется для измерения плотности грунтов оснований сооружений, тела земляных плотин, насыпей и т. д.

Контроль состава бетонной смеси. Радиоактивный плотномер позволяет уточнять состав бетона и контролировать его однородность.

Исследование строительных материалов и технологических процессов. Радиоактивные изотопы применяются для определения удельной поверхности дисперсных материалов (цемента, песка и т. п.).

Контроль влажности строительных материалов. Нейтронное излучение используется для этой цели.

Обследование состояния и контроль качества сборных и монолитных железобетонных конструкций. Радиационный метод основан на просвечивании конструкций ионизирующим излучением с получением информации о её внутреннем строении.



Рис. 3. Рентгеновский аппарат СУРА ОКТ-160/310

### **3. Оптические и тепловизорные технологии [4].**

#### *Лазерные сканеры (лидары):*

Современные лидары, такие как LEICA MS60 (рис. 4) и RPLIDAR A3 (рис. 5) с ИИ-фильтрацией, создают 3D-модели объектов с точностью до  $\pm 0,5$  мм. Они незаменимы для топографической съёмки и мониторинга строительства.

#### *Фотограмметрия:*

Системы с дополненной реальностью (Agisoft Metashape (рис. 6)) позволяют накладывать 3D-модели на реальные объекты, упрощая проектирование и контроль точность 0,01-0,1 мм/пиксель.

*Тепловизоры: [5]*

Приборы с ИИ-анализом (ГироВизор-Т (рис. 7)) выявляют тепловые аномалии с точностью до  $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$ , что полезно для диагностики теплоизоляции и электрооборудования.

Преимущества:

- Бесконтактный контроль.
- Высокая скорость обработки данных.

Применение:

Выявление дефектов, которые невидимы невооружённым взглядом: некачественного заполнения стыковых соединений, трещин в конструкциях, просадки или отсутствия утеплителя, низкого качества монтажа дверных или оконных блоков.

Расчёт уровня потери тепла из-за ошибок в конструкции ограждений: наружных стен, чердачных перекрытий.

Выявление протечек в кровле. Вода сохраняет тепло дольше, чем материал кровли, поэтому протечки легко обнаруживаются тепловизором поздно вечером или ночью, когда крыша уже остыла.

Определение очагов скрытой конденсации влаги. Выпадение росы на стены или перекрытия вызывает появление плесени и разрушение материала строительных сооружений, гидроизоляции фундамента, а также ухудшение отделки и внешнего вида зданий.

Устранение ошибок в монтаже отопительной системы. Тепловизионный контроль можно проводить как зимой при включённом отоплении, так и летом.

Обнаружение обрыва арматуры.

Контроль качества монтажа ворот в наружных стенах.

Диагностика и контроль электрооборудования. Тепловой контроль помогает выявить перегрев оборудования: электрогенераторов, электрических кабелей, силовых и измерительных трансформаторов, вентильных разрядников и ограничителей перенапряжений.

Обследование теплотехнического оборудования. С помощью тепловизоров можно обнаружить дефекты теплоизоляции в подземных трубопроводах, при трассировке теплотрасс, для уточнения мест и размеров компенсаторов.

Контроль состояния материалов и конструкций является важнейшим аспектом в различных отраслях промышленности, включая строительство. Для этого используются различные приборы и методы, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения. В табл. 2 представлен анализ основных характеристик этих методов [6].



Рис. 4. Лидар LEICA MS60



Рис. 5. Лидар RPLIDAR A3 от SLAMTEC

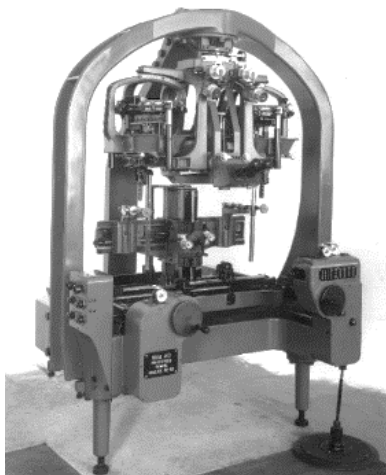


Рис. 6. Фотограмметрическая камера Wild Autograph A5 (Швейцария, 1935 год)



Рис. 7. Тепловизор с ИИ-распознаванием аномалий ГироВизор-Т

## Ключевые характеристики методов

| Метод                 | Точность      | Стоимость (USD) | Преимущества                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ограничение                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|---------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                     | 2             | 3               | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Ультразвуковой        | $\pm 0,01$ мм | 15 000–50 000   | Высокая точность и скорость в сочетании с доступной ценой приборов. Абсолютная безопасность. УЗК не наносит вреда конструкции и здоровью людей, которые присутствуют при проведении процедуры. Возможность выполнения в полевых условиях с использованием специальных портативных УЗ-дефектоскопов. Простота выполнения измерений. Применение метода не требует выведения объекта из эксплуатации | Ограниченность полученных о дефекте сведений: невозможно определить точную форму трещины. При использовании УЗК сложно проверить металлы с крупнозернистой структурой из-за сильного рассеивания и затухания ультразвука. Необходимость подготовки к диагностике: важно очистить поверхность шва от загрязнений и ржавчины    |
| Радиационные          | Высокая       | 20 000–100 000  | Радиационные методы обеспечивают наглядность результатов, простоту определения типа дефекта, возможность контроля больших толщин и невысокие требования к чистоте поверхности                                                                                                                                                                                                                     | Радиационные методы вредны для здоровья человека, в связи с чем, требуются специальные меры радиационной защиты. Радиационными методами плохо выявляются несплошности малого раскрытия (трещины, непровары), расположенные под углом более $7... 12^\circ$ к направлению просвечивания, метод малоэффективен для угловых швов |
| Оптические технологии | $\pm 1$ мм    | 20 000–150 000  | Высокая точность и минимальный уровень погрешности приборов, мгновенная визуализация без дополнительной обработки результатов, автоматизация и безопасность: Подходит для съемки труднодоступных или опасных объектов.                                                                                                                                                                            | Большинство моделей работают только при плюсовых показателях температуры, что делает невозможным сканирование в зимнее время года; при работе с объектами сложных архитектурных форм могут возникнуть затруднения с переносом информации в программы компьютерного моделирования                                              |

| 1                         | 2             | 3            | 4                                                                                                                                                                                                                                                            | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------|---------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тепловизионные технологии | $\pm 0,02$ °C | 8 000–60 000 | Бесконтактное обследование: Анализ без физического взаимодействия, исключая риск повреждений. Высокая скорость диагностики: Обнаружение скрытых дефектов: Выявление проблем, недоступных визуальному анализу (утечки тепла, влажность, недостатки изоляции). | Точность результатов зависит от погодных условий, особенно при экстремальных температурах. Интерпретация результатов требует специализированных знаний, что ограничивает самостоятельное использование. Высокая цена тепловизионного оборудования и услуг может быть барьером для клиентов. Тепловизионное обследование не дает полной картины без дополнительных методов диагностики |

Современные методы НК, объединяющие цифровые технологии, автоматизацию и искусственный интеллект, становятся стандартом в строительной диагностике. Их развитие направлено на [7]:

1. Повышение точности и скорости контроля;
2. Снижение стоимости оборудования;
3. Упрощение процедур сертификации;
4. Интеграцию с системами «умного города».

Выбор конкретного метода НК должен основываться на технико-экономическом обосновании с учетом типа конструкции, требуемой глубины анализа, бюджетных ограничений, требований безопасности и т.д.

### Литература

1. Гавриленко В.В. Неразрушающий контроль в строительстве. – М.: Стройиздат, 2021. – 250 с.
2. Кузнецов Д.А. Ультразвуковой контроль: теория и практика. – Екатеринбург: УралГАУ, 2020. – 220 с.
3. Денель А.А. Рентгеновские методы в строительстве. – М.: Наука, 2023. – 180 с.
4. Лебедев И.В. Тепловизионный контроль в строительстве: современное состояние и перспективы. – Казань: Казанский университет, 2021. – 150 с.
5. Петров В.Ф. Оптические технологии в строительстве. – Новосибирск: Сибирское издательство, 2020. – 200 с.
6. Федоров Н.Н. Неразрушающий контроль: методы и оборудование. – М.: Энергоатомиздат, 2021. – 270 с.
7. Смирнов А.И., Петров, С. Н. Технологии неразрушающего контроля. – СПб.: Питер, 2020. – 300 с.

## **ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Современные методы неразрушающего контроля (НК) играют ключевую роль в обеспечении безопасности и надежности различных конструкций и материалов. Они позволяют проводить диагностику без повреждения объектов, что особенно важно в строительной отрасли, где безопасность и долговечность конструкций имеют первостепенное значение. Однако, несмотря на достижения в области НК, существуют ограничения, связанные с точностью и чувствительностью используемых приборов. Эти ограничения могут быть критическими при анализе тонкостенных конструкций или выявлении мельчайших дефектов. В данном контексте важно рассмотреть, как существующие недостатки методов НК, так и перспективные направления их развития, включая внедрение нейросетевых технологий, портативных устройств и цифровых двойников. Также необходимо упомянуть о разрушающем контроле (РК), который, хотя и предоставляет точные данные о характеристиках материалов, связан с разрушением образцов и ограничивает возможность его применения.

**1. Методы неразрушающего контроля (НК) [1].** Современные методы неразрушающего контроля (НК) играют ключевую роль в обеспечении безопасности и надежности различных конструкций и материалов. Однако, существуют ограничения, связанные с точностью и чувствительностью используемых приборов, которые могут быть критическими при анализе тонкостенных конструкций или выявлении мельчайших дефектов.

Ограничения существующих методов НК:

**Недостаточная точность и чувствительность приборов:** Ультразвуковые толщиномеры (рис. 1), например, обладают допустимой погрешностью измерений около  $\pm 3\%$ , что неприемлемо для контроля тонкостенных конструкций.

**Специфичность методов:** Магнитопорошковый метод эффективен только для ферромагнитных материалов, а рентгенографический контроль (рис. 2) ограничен толщиной объектов и требует строгих мер безопасности из-за использования ионизирующего излучения.

**Высокая стоимость и сложность эксплуатации:** Современные дефектоскопы (рис. 3), особенно с применением фазированных решеток, представляют собой дорогостоящие устройства, требующие высококвалифицированного персонала.

**Необходимость специальных знаний и навыков операторов:** Работа с аппаратурой НК требует глубоких знаний в области физики, материаловедения и опыта работы с конкретными приборами, что увеличивает затраты на обучение персонала и снижает оперативность контроля.



Рис. 1. Ультразвуковой контроль



Рис. 2. Рентгенографический контроль



Рис. 3. Современные дефектоскопы

Перспективные направления развития методов НК: [2]

Нейросетевые технологии и машинное обучение: Использование искусственного интеллекта (ИИ) позволяет значительно повысить эффективность и точность диагностических процессов. Примеры, такие как система GNoME, демонстрируют потенциал ИИ в открытии новых материалов и улучшении идентификации стабильных структур [3].

Разработка портативных и автономных приборов: Портативные устройства, такие как газоанализатор «Кербер-Т» (рис. 4), повышают мобильность и оперативность диагностических мероприятий, что особенно важно в труднодоступных или опасных зонах.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) (рис. 5): Применение дронов для обследования и мониторинга строительных объектов значительно повышает эффективность и безопасность инспекций, позволяет проводить

аэрофотосъемку, создавать трехмерные модели и выявлять дефекты на ранних стадиях.

Цифровые двойники (рис. 6): Виртуальные копии объектов позволяют в реальном времени отслеживать их состояние, прогнозировать поведение и оптимизировать эксплуатацию. Внедрение цифровых двойников в строительстве и промышленности способствует повышению безопасности и продлению срока службы объектов, позволяя оперативно выявлять отклонения и принимать корректирующие меры.



Рис. 4. Газоанализатор «Кербер-Т»

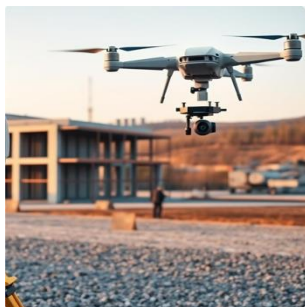


Рис. 5. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА)

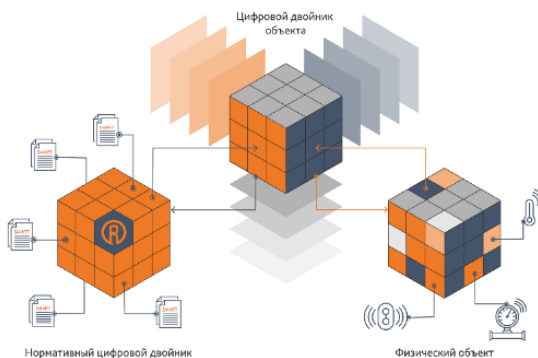


Рис. 6. Цифровые двойники

**2. Методы разрушающего контроля [2].** Разрушающий контроль (РК) используется для количественного определения максимальной нагрузки на объект до его разрушения. Методы РК предоставляют точные данные о характеристиках материалов, но связаны с разрушением образца.

Области применения РК:

Обследование несущих конструкций зданий и сооружений: РК незаменим в случаях, когда неразрушающие методы не обеспечивают достаточной информации для принятия обоснованных решений, особенно для зданий повышенного уровня ответственности, старых зданий или при необходимости точного определения характеристик материалов.

Реконструкция и капитальный ремонт: РК позволяет точно определить характеристики материалов для правильного расчета нагрузок и разработки проекта усиления конструкций.

Выявление причин дефектов и повреждений: Лабораторный анализ материалов может выявить причины возникновения дефектов и повреждений.

Экспертиза качества строительства: РК необходим для оценки соответствия материалов и конструкций требованиям проектной документации и нормативных документов.

В табл. 1 представлены преимущества и недостатки РК.

*Таблица 2*

**Преимущества и недостатки РК**

| Преимущества                                                                                                                                                                                                                                                         | Недостатки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Обеспечивает точные количественные характеристики материалов под нагрузкой, отражающие эксплуатационные условия. Позволяет получить числовые данные для конструирования и разработки стандартов. Представляет прямую связь между измерениями и свойствами материалов | Предусматривает разрушение образца, что делает его непригодным для постоянного применения. Могут быть трудности в обеспечении соответствия между испытанными образцами и реальными конструкциями в эксплуатационных условиях. Может потребовать значительных затрат времени и ресурсов. Применение ограничено, когда высокая стоимость замены деталей делает разрушающие испытания нецелесообразными |

Пути совершенствования методов РК [4]:

Автоматизация процессов: Автоматизация испытаний снижает влияние человеческого фактора и повышает производительность [5].

Совершенствование оборудования: Внедрение высокоточных инструментов и портативных решений.

Обучение и подготовка персонала: Повышение квалификации специалистов по методам РК.

Разработка новых методик: Развитие гибридных методов, сочетающих разрушающие и неразрушающие методы.

Интеграция с методами НК: Применение НК для предварительной оценки объекта перед разрушением.

Использование ИИ и анализа данных: Применение машинного обучения для анализа результатов испытаний и прогнозирования дефектов.

Таким образом, методы неразрушающего и разрушающего контроля имеют свои преимущества и недостатки, и их выбор должен основываться на

конкретных условиях и задачах. НК обеспечивает безопасность и оперативность диагностики, но сталкивается с проблемами точности и специфичности. В то же время РК предоставляет более точные данные о материалах, но требует разрушения образцов и может быть экономически нецелесообразным. Перспективные направления развития НК, такие как использование искусственного интеллекта, портативных приборов и цифровых двойников, обещают повысить эффективность и точность диагностики, что в конечном итоге приведет к улучшению качества строительных объектов и увеличению их долговечности. Интеграция методов НК и РК, а также автоматизация процессов и обучение персонала могут значительно улучшить результаты контроля и повысить безопасность в строительной отрасли. Важно продолжать исследование и развитие этих методов для обеспечения надежности и безопасности строительных конструкций в будущем [6, 7].

### **Литература**

1. Романов А.А. Неразрушающий контроль: современные методы и технологии. – Москва: Издательство «Стройиздат», 2021. – 320 с.
2. Смирнов Б.Б. Инновационные технологии в неразрушающем контроле: от теории к практике. – Екатеринбург: Издательство «Урал», 2022. – 350 с.
3. Кузнецова Е.Е. Разрушающий контроль в строительстве: принципы и практика. – Санкт-Петербург: Издательство «Наука», 2020. – 280 с.
4. Иванов И.И. Применение нейросетевых технологий в неразрушающем контроле // Журнал строительных технологий. – 2022. – Т. 15, № 4. – С. 25–34.
5. Васильев Г.Г. Автоматизация процессов контроля в строительстве. – Москва: Издательство «Техно», 2023. – 240 с.
6. Петрова А.А. Современные методы разрушающего контроля и их применение в строительстве // Строительные и строительные материалы. – 2021. – Т. 10, № 2. – С. 45–50.
7. Федоров В.В. Будущее разрушающего контроля: новые подходы и технологии // Журнал строительной науки. – 2023. – Т. 12, № 1. – С. 60–70.

**Д.А. Дроздов**

**Научный руководитель к.т.н., доцент Н.А. Свергунова**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

## **СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

В статье рассматриваются возможности применения солнечных панелей в строительстве, их роль в снижении энергопотребления зданий и формировании устойчивой энергетической инфраструктуры. Описывается технология производства солнечных панелей, а также преимущества и перспективы их интеграции в современные строительные проекты.

Современное строительство находится на стадии, где требования к энергоэффективности и экологической безопасности становятся все более строгими. В этой связи возобновляемые источники энергии (ВИЭ), и в част-

ности солнечная энергия, приобретают ключевое значение. Использование солнечных панелей в строительстве позволяет не только снизить зависимость от традиционных источников энергии, но и уменьшить углеродный след, способствуя созданию устойчивой и экологически чистой среды обитания.

Солнечные панели, или фотоэлектрические модули (ФЭМ), преобразуют энергию солнечного света непосредственно в электрическую энергию посредством фотоэлектрического эффекта. Основным элементом ФЭМ является фотоэлектрический элемент, изготавливаемый, как правило, из кремния [1]. Процесс изготовления солнечных панелей включает в себя следующие этапы:

1. Добыча и очистка кремния.

Кремний, являющийся основным компонентом, добывается из кварцита и проходит сложный процесс очистки для достижения высокой степени чистоты (порядка 100 %).

2. Производство кремниевых слитков.

Очищенный кремний расплавляется и кристаллизуется в виде больших слитков. Существует два основных метода:

- метод Чохральского. Расплавленный кремний медленно вытягивается вращающимся кристаллом-затравкой, образуя цилиндрический слиток.
- метод направленной кристаллизации. Расплавленный кремний заливается в форму и медленно охлаждается, формируя поликристаллический слиток.

3. Нарезка кремниевых пластин.

Слитки нарезаются на тонкие пластины толщиной около 0,2 мм с помощью высокоточных станков.

4. Легирование.

Кремниевые пластины подвергаются легированию, т.е. введению примесей (фосфора и бора), для создания перехода, необходимого для возникновения фотоэлектрического эффекта.

5. Нанесение антиотражающего покрытия.

На поверхность пластины наносится тонкий слой антиотражающего материала (например, нитрида кремния) для увеличения поглощения света.

6. Металлизация.

На поверхность пластины наносятся металлические контакты (обычно серебро), обеспечивающие сбор и отвод генерируемого электрического тока.

7. Соединение ячеек в модуль.

Фотоэлектрические ячейки соединяются последовательно и параллельно для достижения необходимого напряжения и тока.

8. Ламинирование и герметизация.

Соединенные ячейки заключаются между слоями защитных материалов (стекло, этиленвинилацетат и задняя подложка) и ламинируются для защиты от влаги и механических повреждений.

9. Установка рамы и соединительной коробки.

К модулю крепится алюминиевая рама для придания жесткости и упрощения монтажа, а также устанавливается соединительная коробка с диодами и клеммами для подключения к электросети.

Технологии производства солнечных панелей постоянно совершенствуются, что приводит к увеличению их эффективности и снижению стоимости. В частности, изменения касаются:

- развития новых материалов. Разработка новых материалов, которые позволят создавать более эффективные и дешевые солнечные панели;
- улучшения интеграции в строительные материалы. Новые технологии будут становиться все более распространенными, что позволит интегрировать солнечные панели в различные элементы здания, такие как окна, фасады и кровли;
- развития систем хранения энергии. Развитие эффективных и доступных систем хранения энергии (аккумуляторов) позволит использовать солнечную энергию даже в темное время суток и в пасмурную погоду;
- интеллектуального управления энергопотреблением. Разработка интеллектуальных систем управления энергопотреблением позволит оптимизировать использование солнечной энергии и снизить общие расходы на электроэнергию.

Солнечные панели могут быть интегрированы в различные элементы здания, обеспечивая генерацию электроэнергии непосредственно на месте потребления. Наибольшее распространение получили кровельные солнечные системы, которые устанавливают на крыше зданий. Всё шире внедряются фасадные солнечные панели, которые могут быть интегрированы в фасад здания, заменяя облицовочные материалы. Солнечные навесы, которые позволяют обеспечивать затенение необходимого оборудования и техники и одновременно обеспечивать генерацию электроэнергии, солнечные окна и витражи – новинки последнего времени.

К преимуществам использования солнечных панелей в строительстве можно отнести снижение энергопотребления, что позволяет уменьшить зависимость от централизованных сетей и сократить расходы на электроэнергию. Также использование солнечных панелей позволит снизить зависимость от колебаний цен на энергоносители и обеспечить стабильное энергоснабжение[2].

Использование солнечных панелей в строительстве является перспективным направлением, позволяющим создавать энергоэффективные, экологически чистые и устойчивые здания. Постоянное совершенствование технологий и снижение стоимости солнечных панелей открывают широкие возможности для их интеграции в различные строительные проекты. Внедрение солнечных панелей способствует снижению энергопотребления, уменьшению углеродного следа и формированию устойчивой энергетической инфраструктуры. Будущее строительства неразрывно связано с использованием

возобновляемых источников энергии, и солнечные панели играют в этом процессе ключевую роль.

### Литература

1. Основы технологии изготовления кремниевых солнечных фотопреобразователей [Электронный ресурс]. – URL: <https://avenston.com/ru/articles/fundamentals-of-the-technology-of-production-of-silicon-solar-cells> (дата обращения: 15.04.2025).
2. Степанов М.В., Стульгимский М.М. Солнечные панели: эффективное решение для экологически чистой энергетики/ Вестник науки №7. Том 2. 2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/solnechnye-paneli-effektivnoe-reshenie-dlya-ekologicheskoi-chistoy-energetiki/viewe> (дата обращения: 15.04.2025).

**А.И. Дудин**

**Научный руководитель к.т.н., доцент Е.А. Видищева**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

## **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ В г. МОСКВЕ**

Объектом исследования является инженерная система 22-этажного административного здания в г. Москве.

При проведении обследования инженерных систем установлено следующее:

1) Система отопления центральная выполнена от индивидуального теплового пункта (ИТП), расположенного в подвале здания.

При обследовании выявлены локальные места со следами течи на чугунных радиаторах, отсутствия теплоизоляции на магистральных трубопроводах. Хомуты на трубопроводах отопления в подвальном этаже. Так же выявлена течь трубопровода в конференц-зале.

Рекомендуется выполнить локальный ремонт трубопроводов путем замены дефектных участков и замены дефектных радиаторов [1].

**Общее техническое состояние системы отопления оценивается как работоспособное.**

2) Система водоснабжения центральная выполнена от ИТП, расположенного подвале.

При обследовании выявлены хомуты на трубопроводах в подвальном этаже, конденсат на трубопроводах из-за отсутствия теплоизоляции.

Рекомендуется выполнить локальный ремонт трубопроводов путем замены дефектных участков [1].

Общее техническое состояние системы водоснабжения оценивается как работоспособное.

3) Электроснабжение выполнено центральное, разводка выполнена от вводно-распределительного устройства (ВРУ), расположенного в подвальном этаже. Поэтажная разводка выполнена от этажных распределительных щитов.

Выявлено нарушение целостности изоляции магистральных проводов в подвальном помещении в осях 18-20/Н-Р (рис. 1), отсутствие заземления в поэтажной разводке в части этажей. В щитках не изолированы провода. В системе освещения выявлены дефекты в виде нарушения работоспособности части светильников и отсутствие освещения в части подвальных помещений, нарушение изоляции проводов в местах подключения светильников над конференц-залом.

Рекомендуется выполнить частичную замену системы электроснабжения, которая нарушает требования ПУЭ-7 в части помещений 11-го этажа, а также в подвальном помещении в осях 18-20/Н-Р [1].



Рис. 1. Нарушение целостности проводов в осях 18-20/Н-Р

Общее техническое состояние системы электроснабжения оценивается как работоспособное.

#### 4) Слаботочные системы.

При проведении обследования невозможно установить схему прокладки и логику подключения к слаботочным системам в связи с наличием большого количества подключенных и отключенных проводов в этажных нишах системы, в нишах присутствуют отключенные приборы, подключенные приборы со снятыми корпусами.

Рекомендуется выполнить полную замену слаботочной системы по заранее разработанному проекту [1].

Общее техническое состояние слаботочной системы оценивается как ограниченно-работоспособное.

#### 5) Канализация бытовая выполнена из чугунных и пластиковых труб.

При проведении обследования выявлены множественные течи трубопроводов канализации в местах соединения труб и фитингов в подвальном помещении в осях 4-28/В-У (рис. 2).

Рекомендуется выполнить замену уплотнителей и установить дополнительные крепления трубопроводов к конструкциям для предотвращения разъединения труб и фитингов под напором сточных вод [1].



Рис. 2. Течь канализации

Ливневая система выполнена из электросварных труб и частично выполнена на чугунных фитингах с раструбным соединением. Выявлена течь трубопроводов в местах соединений над 22 этажом и над конференц-залом.

Рекомендуется демонтировать чугунные фитинги и выполнить сварные соединения трубопроводов, а также установить систему снеготаяния (греющий кабель) во все воронки [1].

Техническое состояние системы бытовой канализации в подвальном помещении в осях 4-28/В-У оценивается как ограниченно-работоспособное.

Общее техническое состояние системы бытовой и ливневой канализации оценивается как работоспособное.

б) Система вентиляции выполнена приточно-вытяжная с механическим побуждением. В помещениях 22 этажа установлены вентиляторы и подключены к вентиляционным шахтам.

При обследовании установлено отсутствие работоспособности системы общеобменной вентиляции. С 9 по 21 этажи выполнена поэтажная автономная приточно-вытяжная система вентиляции.

Рекомендуется разработать проект на устройство поэтажной автономной системы вентиляции с прокладкой новых воздухопроводов за подвесным потолком. Выполнить систему вентиляции по разработанному проекту [1].

Общее техническое состояние системы вентиляции оценивается как ограничено-работоспособное.

Дальнейшая безопасная эксплуатация объекта возможна при мониторинге или устранении дефектов инженерных систем, находящихся в ограниченно-работоспособном состоянии.

### Литература

1. ГОСТ 31937–2024 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

## **МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АРМАТУРНЫХ РАБОТ**

Контроль качества арматуры и арматурных работ является важнейшим этапом строительства, обеспечивающим долговечность и надежность железобетонных конструкций. Недостаточное внимание к этому аспекту может привести к серьезным последствиям, включая разрушение сооружений.

На начальном этапе арматурную сталь доставляют на автомобильном транспорте в виде мотков и прутков на пункт складирования (рис. 1). Затем производится входной контроль арматурной стали по сертификатам с обязательной проверкой наличия прикрепленных к стали металлических или деревянных бирок, которыми завод-изготовитель (рис. 2) снабжает каждый пакет или моток арматурной стали [1].

Сертификат содержит информацию о марке стали, химическом составе, механических свойствах (предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение) и т.д. Без сертификата или паспорта арматурная сталь не подлежит использованию.



Рис. 1. Перевозка арматурной стали (прутки) из склада

Следующий этап визуальный осмотр: на наличие повреждений, трещин, раковин, ржавчины, окалины, вмятин, и других дефектов, которые могут оказать влияние на прочность стали и сцепление с бетоном.

РТМ 75-95 допускает наличие на поверхности проката равномерной или местной (локальной) атмосферной ржавчины [2]. Большая степень поражения коррозией предусматривает отбраковку арматуры. Далее проверяются геометрические размеры: на соответствие диаметра арматуры, размеров риф-

ления и других геометрических параметров арматуры с действующими требованиями ГОСТ.



Рис. 2. Бирка завода-производителя арматурной стали

Контролер-лаборант от каждой новой партии отбирает по 3 образца арматуры для испытания при помощи разрывной машины Р-10. Результаты записываются в протоколе испытаний. Испытания арматуры проводятся согласно ГОСТ 12004-81 и ГОСТ 34028-2016.

При изготовлении сеток из гладкой стержневой арматурной стали класса А240 (А-I) свариваются все пересечения стержней для рабочей арматуры. Сетки для крупных изделий изготавливают на станках многоточечной сварки МТМ-289 – только для ПДН, ПАГ, а для остальных изделий МТМ-160 (рис. 3).



Рис. 3. Станок многоточечной сварки МТМ-160

В сетках с рабочей арматурой периодического профиля (стержневой и проволочной) допускается сварка пересечений стержней через одно или че-

рез два пересечения в шахматном порядке, если в рабочих чертежах отсутствуют специальные указания. Два крайних стержня в сетках должны быть сварены во всех пересечениях [3].

Для напрягаемой арматуры выполняют испытания на стенде. Закрепляют на концах временные концевые анкера в виде приваренных коротышей или стальных опрессованных в холодном состоянии шайб (рис. 4). Временные концевые анкера отбирают по 3 образца и испытывают их на разрывной машине Р-10.



Рис. 4. Временные концевые анкера

Для снижения отходов стержневой арматуры отдельные стержни предварительно соединяют с применением стыкосварочного станка МСО-201 в стержень непрерывной длины. Стыки также испытывают на разрывной машине Р-10 и результаты заносятся в протоколе испытания.

Арматурные сетки, каркасы и закладные детали необходимо устанавливать в форму в соответствии с требованиями действующих стандартов и проектной документации. Проверяют соответствие размеров каркаса, расстояний между стержнями, нахлесток и вылетов по требованию проекта или заказчика. Расположения арматурных стержней должно соответствовать схеме армирования (проекту).

Для соединения арматурных стержней или сетки к каркасам используют вязальную проволоку и вязальный крюк (рис. 5). Вязка должна быть плотной и исключать смещение стержней. Для обеспечения защиты арматуры от контакта с поверхностью устанавливают пластиковые фиксаторы различных форм.

Сварка арматурных каркасов выполняется высококвалифицированными сварщиками с использованием сертифицированных электродов.

Напряжение арматуры для преднапряжённых конструкций при электро-термическом способе производят на автоматизированных установках – СМЖ-129 (рис. 6). Для предварительного натяжения арматуры применяют сталь класса А800 и А1000. За счёт разогрева стержни удлиняются, что поз-

воляет уложить их свободно в упоры форм вручную. При этом обязательно должен быть осуществлен контроль предельной температуры нагрева арматуры, установленной проектной документацией для соответствующих марок стали. Температуру нагрева контролируют с помощью пирометра «Кельвин Компакт 1300». Во избежание снижения предела текучести и временного сопротивления нагретой арматуры температура нагрева не должна превышать значений в соответствии действующими документами [4]. Повторный нагрев стержней арматуры не рекомендуется. В случае необходимости, повторный нагрев арматуры может быть выполнен только после полного её остывания, и без превышения рекомендованной температуры [1].



Рис. 5. Вязка стержней и крепление защитных фиксаторов

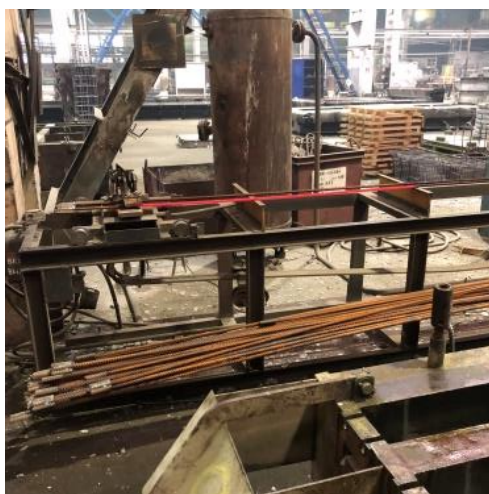


Рис. 6. Станок для нагрева арматуры СМЖ-129

После остывания стержней контролёр-лаборант производит контроль напряжения в 3-4-х стержнях в нескольких точках с применением прибора ДО-60С-МГ4.03 и ДО-40П-МГ4.01 – для измерения силы натяжения проволоки.

Типичные ошибки при выполнении арматурных работ: непрочная вязка арматурного каркаса и петель; несоблюдение толщины защитного слоя бетона; неправильное расположение арматуры (отклонения от проектной схемы); некачественная сварка.

Только строгий контроль арматурных работ на всех этапах переработки арматуры обеспечивает требуемое качество готовой строительной продукции.

### **Литература**

1. РТМ 75–95 Руководящие технологические материалы по заводскому производству сборных предварительно-напряженных железобетонных конструкций. Научно-исследовательский, Проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ). – М., 1995. – 285 с.
2. ГОСТ 34028–2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 46 с.
3. ГОСТ 23279–2012 Сетки арматурные сварные для железобетонных конструкций и изделий. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
4. СП 130.13330.2018 Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. СНиП 3.09.01–85 (с изменениями № 1, 2). – М.: Стандартинформ, 2019. – 36 с.

**А.Е. Керн, Е.С. Савельев**

**Научный руководитель старший преподаватель М.Г. Тен**

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет  
(Сибстрин), г. Новосибирск*

## **ПРИМЕНЕНИЕ BIM-СИСТЕМЫ Renga ДЛЯ РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Активный переход на отечественное программное обеспечение, в том числе и на BIM-системы [1], влечет за собой необходимость более подробно изучения возможностей этих программ. В строительной сфере долгое время используются расчетные комплексы российской разработки, в связи с чем интерес представляет совместная работа этих комплексов и программ для информационного моделирования.

Расчетный комплекс «ЛИРА 10» позволяет импортировать физические модели из системы «RENGA Professional», преобразовывая их сначала в аналитические, а затем в расчетные [2]. При установке «ЛИРА 10» в основной панели «RENGA» появилась иконка, позволяющая одним нажатием осуществить экспорт файла. Выявление особенностей данного процесса представлено на примере созданной в Renga фермовой конструкции смотровой площадки (рис. 1).

Для создания объекта был использован инструмент «балка». Всем элементам конструкции были присвоены геометрические характеристики сечений и материал. Перед экспортом модели высветилось окно сопоставления заданных сечений со стандартными, представленными в сортаменте. Балки экспортировались корректно, в расчетной модели отобразились в виде стержневых элементов (рис. 2).

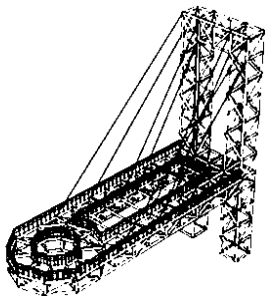


Рис. 1. Модель смотровой площадки в системе «RENGA»

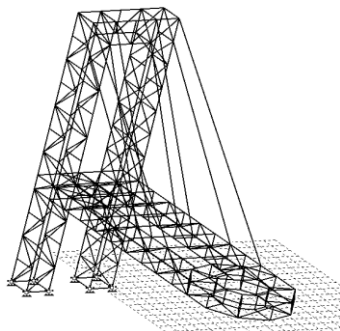


Рис. 2. Расчетная модель в ПК «ЛИРА 10»

При детальном рассмотрении расчетной модели было выявлено, что в некоторых узлах конструкции конечные координаты стержней расходились на десятитысячные и сотысячные доли метров. При этом в программе «RENGA» модель создавалась с помощью привязок элементов друг к другу.

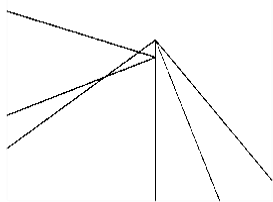


Рис. 3. Расхождение стержней в узле

Из других негативных аспектов экспорта конструкции в ПК «ЛИРА 10» можно отметить продолжительность этого процесса. При достаточных компьютерных мощностях перенос балок в расчетный комплекс производился дольше, чем перенос каких-либо других конструктивных элементов, представленных в «RENGA Professional».

Проведенная работа по совместному использованию программ «RENGA Professional» и «ЛИРА 10» позволила сделать вывод о целесообразности та-

ких взаимодействий, так как это значительно упрощает и ускоряет процесс проектирования. Вместе с тем были выявлены проблемные аспекты, требующие дополнительной оптимизации.

Еще один распространенный расчетный комплекс – «SCAD Office» – не поддерживает прямой импорт BIM-моделей. Однако разработчики предлагают опосредованное решение через связку Renga – IFC – Форум – SCAD Office [3]. В этом процессе: модель из Renga экспортируется в IFC; через препроцессор «Форум» создается упрощенная аналитическая схема (с укрупнением элементов); данные передаются в SCAD Office для формирования расчетной модели.

Проблемы совместимости были выявлены путем тестирования совместной работы программ на модели смотровой площадки, конструктивные элементы которой не были распознаны в «Форуме». Для более подробного изучения проблемы была собрана тестовая модель, включающая все типы расчетных элементов: балки, колонны, перекрытия и стены (рис. 4). Однако в итоговой расчетной схеме в «SCAD Office» отобразились только колонны (рис. 5).

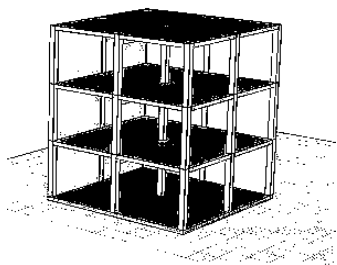


Рис. 4. Тестовая BIM-модель для «SCAD Office»

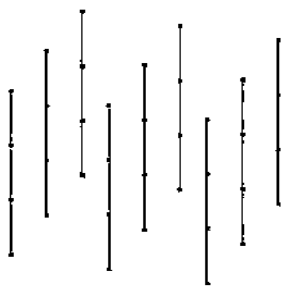


Рис. 5. Результат экспорта в «SCAD Office» через формат IFC

Расчетный комплекс SCAD Office занимает лидирующие позиции среди российских программ для проектировщиков. В связи с этим особенно важным становится вопрос его совместимости с современными BIM-решениями, такими как Renga Professional. Для эффективного взаимодействия этих систем требуется: разработка специализированных интерфейсов для прямого обмена данными; совершенствование универсальных форматов обмена (IFC); адаптация алгоритмов преобразования BIM-моделей в расчетные схемы. Помимо корректного импорта конструктивных элементов работу может ускорить возможность автоматического назначения постоянных и временных нагрузок по данным, имеющимся в BIM-модели. Также имеет место обеспечение возможности совместной работы Renga с программами-спутниками SCAD, такими как: «КОМЕТА», «КРИСТАЛЛ», «МАГНУМ» и др., применяемые для анализа и проектирования сложных конструкций.

Перспективой развития такого взаимодействия является доведение процесса создания расчетной модели до полной автоматизации с минимальными вмешательствами до первой итерации расчета. Это позволит конструктору сосредоточить свое внимание на анализе полученных результатах расчета и минимизировать трудозатраты на создание расчетной модели, которое занимает значительный промежуток времени. Полезным было бы и обратное взаимодействие программ, заключающееся во внесении изменений в BIM-модель, необходимых по результатам расчетов.

Дальнейшие исследования в этой области крайне важны, учитывая: стремительное развитие BIM-технологий; растущий спрос отрасли на комплексные CAD-BIM решения; необходимость подготовки квалифицированных инженеров, владеющих современными цифровыми инструментами.

Особое внимание следует уделить образовательным программам, чтобы будущие специалисты могли эффективно работать в условиях цифровой трансформации строительной отрасли.

### **Литература**

1. Постановление Правительства Российской Федерации «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства» от 05.03.2021 № 331 // Официальный интернет-портал правовой информации – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202103100026> (дата обращения 06.02. 2025).
2. Расчет и анализ строительных конструкций в ПК ЛИРА 10. Интеграция с Renga // ЛИРА софт : сайт. – URL: <https://lira-soft.com/wiki/notes/76-raschet-i-analiz-stroitelnykh-konstruktsiy-v-pk-lira-10/?ysclid=m90z70me2e83436962> (дата обращения: 20.03.2025).
3. ScadSoft : сайт. – URL: [https://scadsoft.com/download/2019\\_Msk/19\\_\(2019\)\\_RENGA\\_SCAD\\_KREDO\\_\(Degtyarev%20D.%20M\\_Moisseyev%20I.S\\_Sergeyeva%20D.O\)\\_Moscow\\_St.%20Petersburg.pdf](https://scadsoft.com/download/2019_Msk/19_(2019)_RENGA_SCAD_KREDO_(Degtyarev%20D.%20M_Moisseyev%20I.S_Sergeyeva%20D.O)_Moscow_St.%20Petersburg.pdf) (дата обращения: 10.03.2025).

**Е.С. Кинаш**

**Научный руководитель к.т.н., доцент Т.Ф. Шляхтина**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОГО ЦЕНТРА В г. КАРТАЛЫ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Развитие социальной сферы, особенно, в малых городах требует создания специализированной инфраструктуры, поэтому строительство социально-культурного центра в г. Карталыч будет способствовать решению задач развития города.

Участок под строительство социально-культурного центра (СКЦ) запроектирован в г. Карталы в центре города с категорией земель – «Земли населенных пунктов» (земли населенных пунктов)». Кадастровый номер 74:08:4701037:2073 (рис. 1).

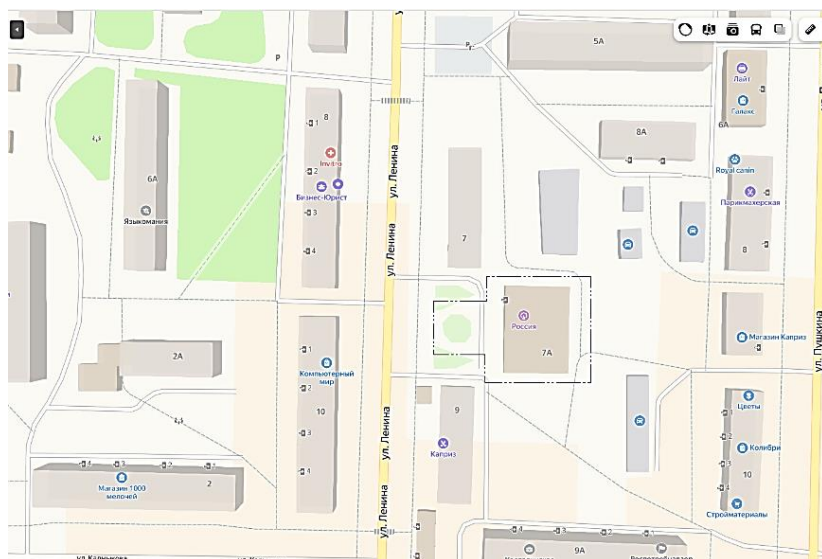


Рис. 1. Ситуационный план участка строительства

Участок расположен в центральной части города Карталы, на улице Ленина, дом 7, площадь участка 3255 м<sup>2</sup>.

Границами проектируемого участка объекта являются: с севера на расстоянии 14 м – 5-этажный жилой дом; с юга на расстоянии 15 м – 5-этажный жилой дом; с запада в 60 м – 2-этажный жилой дом; с востока в 10 м – ул. Ленина.

На прилегающей к зданию территории предусмотрены автомобильная парковка на 20 машино-мест и зоны отдыха посетителей.

Проектом озеленения предлагается применение деревьев и кустарников разнообразных форм, цвета и фактуры, а также устройство газонов с посевом многолетних трав. В местах примыкания тротуаров к проезжей части выполнены безбордюрные переходы. Проезды и тротуары выполнены из асфальтобетона. Техничко-экономические показатели по СПОЗУ отражены в табл. 1.

Проектируемое здание двухэтажное с подвалом, прямоугольной формы в плане с размерами здания по крайним осям А-Г – 24,6 м, в осях 1–10 – 49,2 м. Высота здания от нулевой отметки до верха кровли составляет 13,16 м. Высота этажа – 3,3 м. Высота подвала – 2,5 м.

При проектировании СКЦ учитывались требования по правильной организации потока сотрудников и посетителей, размещение необходимых ра-

бочих мест. Планировка помещений учитывает специфику работы СКЦ и обеспечивает безопасность и комфортные условия труда находящихся в помещении людей.

*Таблица 1*

**Технико-экономические показатели по СПОЗУ**

| Наименование                            | Ед. изм.       | Количество |
|-----------------------------------------|----------------|------------|
| Площадь участка                         | м <sup>2</sup> | 3255       |
| Площадь застройки                       | м <sup>2</sup> | 1023,7     |
| Площадь покрытий, тротуаров, и площадок | м <sup>2</sup> | 1662       |
| Площадь озеленения                      | м <sup>2</sup> | 570,3      |

Под зданием запроектирован техэтаж для прокладки инженерных коммуникаций. В техэтаже также располагаются книгохранилище, технические помещения и комната персонала.

На первом этаже расположен двухсветный зрительный зал на 300 мест с фойе и вспомогательными помещениями (костюмерная, артистические), вестибюль с гардеробом, помещения администрации.

Размеры открытой в зал эстрады приняты 15×7,5×6 м. На эстраде отсутствуют колосники и рабочие галереи.

На втором этаже располагаются помещения библиотеки, музыкальной школы, класс хореографии и тренажерный зал с раздевальными и душевыми. Высота потолков в классе хореографии и тренажерном зале 4 м.

К основным функциональным помещениям относятся: административные помещения, классы, студии, тренажерный зал. Исходя из расположения основных помещений, требуемых инсоляции выбрана западная ориентация окон. Зрительный зал ориентирован на восток.

Основными несущими элементами здания являются кирпичные стены и простенки. Пространственная жесткость и устойчивость здания обеспечивается совместной работой фундаментов, пересекающихся стен (наружных и внутренних, поперечных и продольных), связанными поэтажно дисками перекрытий из сборных железобетонных многпустотных панелей перекрытий. Диски перекрытий образуются путем замоноличивания межплитных швов и взаимной анкерровкой.

Наружные стены толщиной 380 мм выполнены из полнотелого керамического кирпича марки КР-р-по 250×120×65 на цементном растворе марки М50, с наружным утеплением из минераловатных плит марки ТЕХНО ФАС 150 кг/м<sup>2</sup> толщина слоя 100 мм с последующим устройством навесного вентилируемого фасада. Навесной фасад предусмотрен из алюминиевых композитных панелей размером 60×60 см, толщиной 3 мм.

Внутренние несущие стены толщиной 380 мм выполнены из полнотелого керамического кирпича марки КР-р-по 250×120×65 на цементном растворе марки М50. Кладка стен в зимних условиях выполняется на растворах с про-

тивоморозными добавками. Кладка стен запроектирована с необходимым по расчету армированием сварными сетками из d5 Вр-I с яч. 50×50 мм (ГОСТ 2715–75\*). Кирпичную кладку под опорными подушками армируют в каждом шве на высоту 0,3 м сетками из арматуры d5 Вр-I с ячейками 50×50, в местах армирования пустоты кирпича заполнить раствором М100. Перемычки – сборные железобетонные по серии 1.038.1-1, в.1,2.

Перекрытия предусматриваются сборными железобетонными серии ИЖ-723 (ЖБЗ № 2). Плиты междуэтажных перекрытий в проекте образуют жесткие диски и соединяются между собой и со стенами стальными связями с шагом 1,2–1,5 м. Швы между плитами замоноличиваются цементным раствором марки 200.

Чердачное перекрытие – железобетонные многопустотные плиты перекрытия толщиной 220 мм с утеплителем толщиной 130 мм из минераловатных плит марки «ТЕХНОРУФ», цементно-песчаная стяжка армированная – 40 мм.

Лестничные марши и площадки предусматриваются железобетонными заводского изготовления по серии 1.038.1–1, в 1,2 ограждения – индивидуальные, металлические.

Фундаменты – сборные, ленточные из бетонных блоков на естественном основании. Стены подземной части здания выполняются из блоков бетонных для стен подвалов по ГОСТ 13579-78\*[1]. Толщина стен – 0,4м. Стеновые блоки монтируются на растворе марки 100 с перевязкой швов не менее 300 мм. Местные заделки в стеновых блоках выполняются из бетона кл. В10, F50.

Крыша – чердачная, стропильной конструкции.

Материал деревянных конструкций – древесина хвойных пород 2 категории влажностью не более 20 %.

Запроектирована чердачная вальмовая крыша с устройством наслонной стропильной системы. Уклон скатов крыши принимается в зависимости от материала кровли: стальные листы 20–24. Уклоны скатов кровли запроектированы под разным уклоном для создания хороших условий работы и долговечности отдельных участков.

Наслонные стропила представляют балочную конструкцию из рядов стропильных ног, опирающихся нижним концом на мауэрлат (по верхнему обрезу наружных стен), а верхним – на прогон, который поддерживают стойки и продольные подкосы. Стойки опираются на лежень, расположенный по обрезу внутренних стен. Шаг стропильных ног принимается 1000 мм, внутренних стоек – 1 м. Элементы наслонных стропил выполняются из деревянных брусьев или досок, обработанных огнезащитным составом. Сечения элементов определяются по расчётам в зависимости от климатических условий, уклона и материала кровли. Стропила без выпуска за стену.

Мауэрлаты и лежни, соприкасающиеся с кирпичной кладкой, антисептируются и изолируются рулонными гидроизоляционными материалами (толь).

Оцинкованные листы укладываются по разряженному настилу из досок толщиной 50 мм.

Подкровельная пленка ИЗОСПАН [2] – С монтируется горизонтальными полотнищами внахлест, начиная с нижней части крыши, гладкой стороной к кровельному покрытию.

Все деревянные конструкции обработать биопереновым составом ПИ-РИЛАКС – 3000 с целью огнезащиты и антисептирования [3]

Для перекрытия зрительного зала используется металлическая стропильная ферма, несимметричная, пролетом 15 м, высотой в максимальной точке 4240мм, раскосно-стоечная, шаг ферм 6м, шаг прогонов 1450, 1250, 1000 мм. Примыкание ферм к стенам шарнирное. Ферма выполнена из уголков С255. Для пространственной неизменяемости здания и жесткости, в проекте предусмотрена система связей: Связи по фермам соединяются: в плоскости нижних поясов V-образные, также в плоскости верхних поясов.

Развитие социальной инфраструктуры малых городов является важной задачей для повышения качества жизни населения и обеспечения их устойчивого развития. Это включает в себя создание и улучшение объектов, обеспечивающих социальные услуги, такие как образование, здравоохранение, культура, спорт, торговля и другие. Строительство СКЦ в г. Карталы станет важным этапом повышения социально-культурного развития города.

### **Литература**

1. ГОСТ 13579-2018 Блоки бетонные для стен подвалов. Технические условия // <https://internet-law.ru/gosts/gost/69904/>.
2. Пароизоляционные, гидро-ветрозащитные мембраны ИЗОСПАН // <https://www.mastercm.ru/category/izospan/>.
3. Биопирен «Пирилакс» (Pirilax-Classic) // <https://nvst.su/catalog/ognezaschita/fire-protection-of-wood/fire-retardant-impregnation/nort/152>.

**А.А. Клочинская**

**Научный руководитель к.т.н., доцент А.М. Курицына**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕМОНТНЫХ РАБОТ БЕТОННЫХ ПЛОТИН ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

Северные плотины России эксплуатируются в основном в условиях резко континентального климата, который в соответствии с классификацией «ISO 9000 » относится по температурному режиму к классам « С и VC » со среднемесячной температурой самого холодного месяца от – 15 °С до – 30 °С и ниже по влажности – к классу "n" с относительной влажностью воздуха самого тёплого месяца 45–75 %. Количество переходов через 0 °С составляет от 50 до 100 циклов в год [1].

Существенное влияние на надёжность и долговечность бетонных плотин гидротехнических сооружений оказывает эксплуатационная среда. Водная и воздушная среда оказывает непосредственное воздействие на тело бетонной плотины. Водная среда является наиболее важным и потенциально опасным фактором внешней среды по отношению к бетонным плотинам, поскольку вода не только омывает большие бетонные поверхности, но и фильтрует по отдельным трещинам под гидростатическим напором.

Гидротехнические сооружения (ГТС) подвержены образованию фильтрационных трещин, которые могут привести к разрушительным последствиям, включая протечки, размывы и даже аварии. Систематический мониторинг ГТС, своевременный и качественный ремонт таких дефектов – ключевой фактор обеспечения надежности и долговечности конструкций [2].

Мониторинг гидротехнических сооружений осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 55260.1.4–2012 «Сооружение ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга». Данный стандарт регламентирует процесс мониторинга состояния гидротехнических сооружений, согласно которому существует два вида мониторинга ГТС: визуальный и автоматизированный.

Ведение визуального мониторинга проводится регулярно и необходимо для определения состояния ГТС на текущий момент, при этом на базе накопленных фактических данных за ряд лет проводится качественный анализ, который позволяет составить достоверный прогноз о дальнейшей безопасной эксплуатации ГТС.

Визуальный или экспертный контроль нормального технического состояния и уровня безопасности ГТС осуществляется службой мониторинга гидротехнических сооружений.

По результатам экспертного контроля в рамках осуществляемого мониторинга формируется отчетная документация, в которой отражаются объекты наблюдения, сроки, состав и объем производимых измерений, методика и обработка полученных данных, указания к устранению выявленных дефектов, либо рекомендации по дальнейшему наблюдению.

Основным объектом экспертного контроля и визуального мониторинга ГТС является наблюдение за динамикой изменения состояния фильтрующих трещин в теле бетонной плотины.

В табл. 1 приведены данные количества фильтрующих трещин в теле бетонной плотины Братской ГЭС (Ангарский каскад) за период 2022–2025 гг. в сравнении с количеством их в 1975 г.

В результате экспертного мониторинга по 133 фильтрующим трещинам, было выявлено влажное выщелачивание и движение воды по своду в 83. Из них фильтрация воды в 46 трещинах не является критической и рекомендовано дальнейшее наблюдение, 37 трещин подлежат особому контролю и устранению в период проведения планового капитального ремонта.

В период до проведения планового капитального ремонта, службой мониторинга ГТС совместно с ВНИИГ, проводится контроль состояния трещин и ведется качественный анализ технологий по устранению выявленных де-

фектов, в результате которого определяется необходимые инъекционные материалы и технология устранения фильтрующих трещин.

Основная причина образования трещин в бетонных конструкциях – неравномерное изменение температуры в них, возникающее в раннем возрасте или в процессе твердения вследствие экзотермии цемента, а в дальнейшем – колебания температуры внешней среды. Образующийся при этом неравномерный температурный режим бетона и ограничения в развитии свободных деформаций конструкции вызывают возникновение температурных напряжений, которые могут привести к образованию трещин в бетоне. Трещины могут возникнуть и от других причин (перегрузки, неравномерные осадки и пр.), не связанных с технологией укладки бетона [3].

Эти факторы приводят к нарушению герметичности конструкции, что требует оперативного устранения дефектов. Основные технологии восстановления целостности ГТС включают в себя следующие методы:

- 1) инъектирование (цементные, полимерные, эпоксидные смеси);
- 2) установка шпонок и диафрагм;
- 3) гидроизоляционные мембраны и покрытия;
- 4) армирование композитными материалами.

Выбор того или иного метода зависит от ряда факторов: типа трещины, материала конструкции, условий эксплуатации и др.

Для определения эффективности и качества выполненных работ применяются следующие показатели:

1. Герметичность: отсутствие протечек после ремонта; контроль влажности в зоне трещины гигрометры, термография).

Таблица 1

**Количество фильтрующих трещин на поверхностях смотровых галерей**

| Отм.  | Общее<br>кол-во<br>трещин<br>1975 г. | в том числе – фильтрующие трещины |        |      |        |        |      |        |        |      |        |        |      |
|-------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------|------|--------|--------|------|--------|--------|------|--------|--------|------|
|       |                                      | 2022г.                            |        |      | 2023г. |        |      | 2024г. |        |      | 2025г. |        |      |
|       |                                      | вл.                               | течь   |      | вл.    | течь   |      | вл.    | течь   |      | вл.    | течь   |      |
|       |                                      |                                   | ≥0.003 | ≥0.1 |        | ≥0.003 | ≥0.1 |        | ≥0.003 | ≥0.1 |        | ≥0.003 | ≥0.1 |
| цем   | 7                                    | 14                                | 1      | -    | 12     | 2      | -    | 11     | 2      | -    | 11     | 2      | -    |
| 307   | 13                                   | 20                                | -      | 2    | 17     | 1      | 2    | 18     | 1      | 2    | 19     | 2      | 1    |
| 325   | 5                                    | 19                                | 2      | 2    | 18     | 3      | 2    | 19     | 3      | 3    | 17     | 1      | 4    |
| 343   | 10                                   | 9                                 | 1      | -    | 9      | 1      | -    | 9      | 1      | -    | 8      | 2      | -    |
| 361   | 4                                    | 4                                 | 1      | 1    | 3      | 1      | 1    | 2      | 1      | 1    | 4      | -      | 1    |
| 382   | 7                                    | 10                                | 2      | -    | 7      | 5      | -    | 9      | 3      | -    | 6      | 4      | -    |
| 388   | 2                                    | 1                                 | -      | -    | 1      | -      | -    | 2      | -      | -    | 1      | -      | -    |
| Всего | 48                                   | 77                                | 7      | 5    | 67     | 13     | 5    | 70     | 11     | 6    | 66     | 11     | 6    |
| Итого |                                      | 89                                |        |      | 85     |        |      | 87     |        |      | 83     |        |      |

Обозначения в таблице (без учета сухих трещин):

вл. – влажная трещина (вокруг трещины влажный бетон, движения воды не видно).

течь – трещина фильтрует, расход фильтрации определяется на глаз (визуально):

- расход  $\geq 0.003$  л/мин – на бетоне заметно движение воды;
- расход  $\geq 0.1$  л/мин – трещина с активной фильтрацией.

2. Прочность и адгезия: испытания на сдвиг и отрыв (адгезиметры); ультразвуковая диагностика (определение плотности заполнения трещины).

3. Долговечность: ускоренные испытания на старение (циклическое замораживание-оттаивание); мониторинг в течение эксплуатации.

4. Соответствие проектной документации: проверка геометрии ремонтного шва; контроль применяемых материалов (сертификаты, лабораторные анализы).

Контроль качества выполненных ремонтных работ фильтрующих трещин осуществляют следующими методами:

1. Неразрушающий контроль: ультразвуковая дефектоскопия – выявление пустот и неоднородностей; инфракрасная термография – обнаружение зон фильтрации; радиоволновой метод – оценка глубины проникновения ремонтного состава.

2. Лабораторные испытания: анализ выбуренных кернов (прочность на сжатие); химическая стойкость материалов.

3. Гидравлические испытания: нагнетание воды под давлением для проверки герметичности.

Оценка качества ремонта фильтрационных трещин ГТС – комплексный процесс, требующий применения современных методов диагностики и строгого соблюдения нормативов. Регулярный мониторинг и своевременное устранение дефектов позволяют значительно продлить срок службы гидротехнических сооружений и предотвратить аварийные ситуации.

Для повышения надежности рекомендуется внедрять автоматизированные системы мониторинга и использовать высококачественные ремонтные составы с подтвержденной долговечностью.

### Литература

1. Садович М.А. Современное состояние бетонной плотины Братской ГЭС / М.А. Садович, Т.Ф. Шляхтина, А.М. Курицына, В.Ю. Писарев, Е.Л. Ким / Гидротехническое строительство. 2011. № 11. С. 26–32.

2. Курицына А.М. Влияние сосредоточенной фильтрации на долговечность напорного фронта бетонных плотин (на примере ангарского каскада ГЭС) / Курицына А.М. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники им. Б.Е. Веденеева. Санкт-Петербург, 2008.

3. Гидротехнические сооружения. учебник для студентов вузов : в 2 ч. / Л.Н. Рассказов, В.Г. Орехов, Н.А. Анискин [и др.] ; под ред. Л.Н. Рассказова. – Ч. 1. – 2008. – 575 с.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАСЧЕТОВ АРОК

SCAD Office – это современный программный комплекс российского разработчика, предназначенный для численного анализа строительных конструкций методом конечных элементов (МКЭ). Этот программный пакет предназначен для решения широкого спектра задач строительной механики и нашел широкое применение среди специалистов-проектировщиков благодаря своей точности, скорости вычислений и удобству интерфейса.

В качестве конструкции для сравнения методов расчета была выбрана трехшарнирная арка пролетом 20 м (рис. 1).

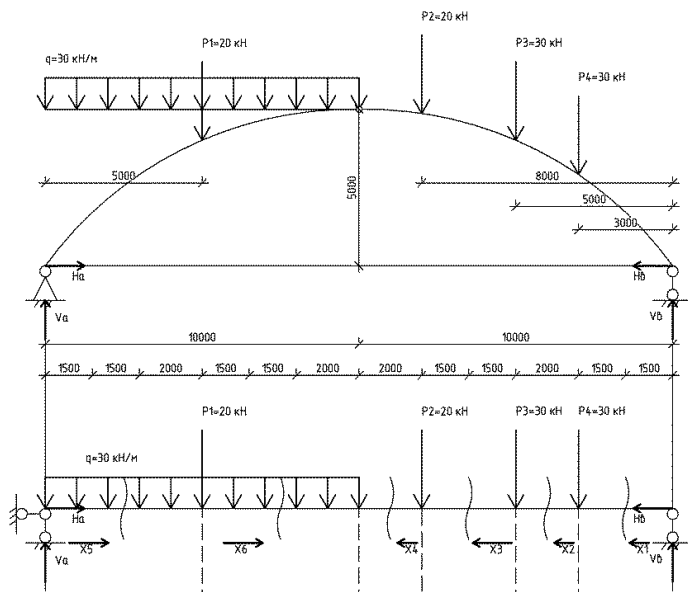


Рис. 1. Схема арки

Алгоритм теоретического расчета арки включает [1]:

1. Кинематический анализ;
2. Определение вертикальных реакций опор в балке и арке;
3. Определение балочных усилий на участках;
4. Определение распора;
5. Определение усилий в сечениях;
6. Определение ординат точек оси арки и углов наклона касательных.

Алгоритм расчета арки в программе SCAD включает [2]:

1. Запуск вычислительного комплекса
2. Создание проекта расчёта конструкции;
3. Формирование расчетной схемы:
  - генерация арки;
  - создание затяжки;
  - создание вспомогательных элементов;
  - создание ключевого шарнира, назначение жесткостей элементов;
  - назначение типов элементов стержням;
  - установка связей в узлах;
  - задание нагрузки на арку.
4. Статический расчет;
5. Анализ результатов расчета.

Согласно приведенным выше алгоритмам был произведен расчет арки, а также были построены эпюры моментов, продольных и поперечных сил, рассчитанные двумя способами (рис. 2–7). По итогам сравнения можно сделать вывод: отличия в результатах определения балочных усилий в арке с помощью программы SCAD и расчётным методом полностью отсутствуют, а в полном расчете арки – незначительны.

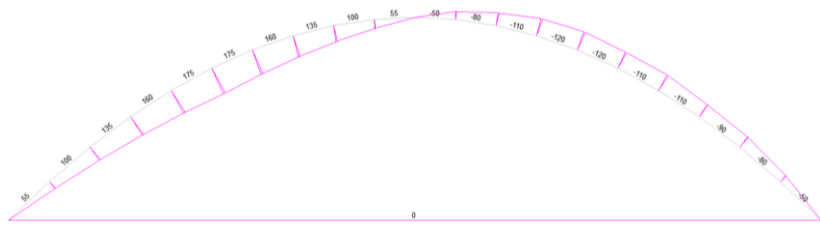


Рис. 2. Эпюра  $M$ , кН·м, расчёт в ПК SCAD

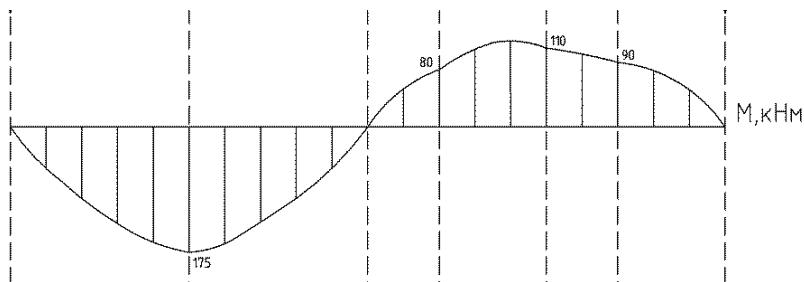


Рис. 3. Эпюра  $M$ , кН·м, расчётный метод

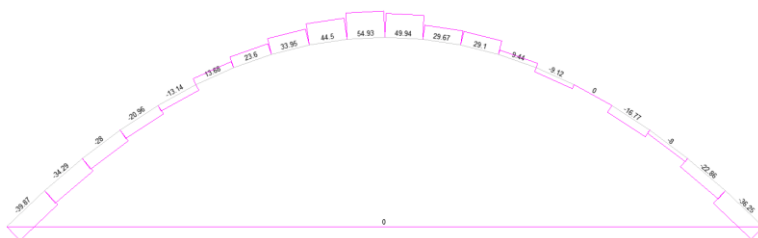


Рис. 4. Эпюра  $Q$ , кН, расчёт в ПК SCAD

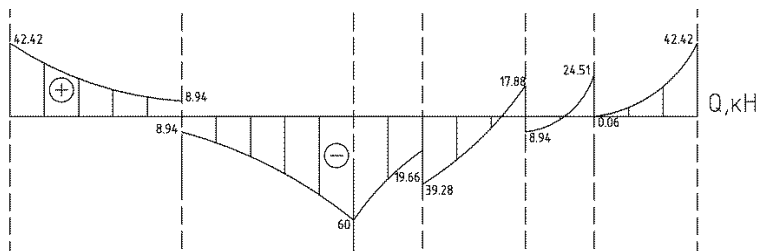


Рис. 5. Эпюра  $Q$ , кН, расчётный метод

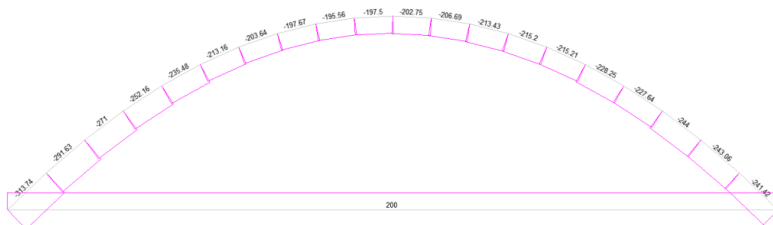


Рис. 6. Эпюра  $N$ , кН, расчёт в ПК SCAD

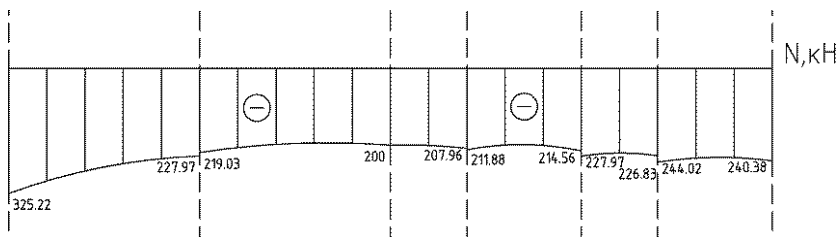


Рис. 7. Эпюра  $N$ , кН, расчётный метод

Таким образом, расчет арочных конструкций эффективнее и целесообразнее производить с помощью вычислительного комплекса SCAD, так как это значительно экономит временные ресурсы и позволяет, если не полностью исключить ошибки, то значительно сократить их количество. Кроме того комплекс позволяет узнать значения в любой заданной точке эпюры сил.

Проанализировав оба метода расчета, можно утверждать, что расчет конструкций в SCAD Office обладает следующими преимуществами:

- высокая точность результатов;
- экономия времени и повышение производительности труда;
- обеспечение безопасности и надёжности конструкции;
- оптимизация затрат на материалы и строительные работы;
- интерактивность и визуализация результатов.

Таким образом, дальнейшее внедрение ПК SCAD Office в практику проектирования обеспечит надёжность, безопасность и эффективность строительства в целом.

### **Литература**

1. Дудина И.В. Строительная механика: методические указания для самостоятельной работы и контрольные задания [Текст] / И.В. Дудина. – Братск : Издательство Братского государственного университета, 2020 – 34 с.

2. Семенов А.А., Маляренко А.А., Порываев И.А., Нафиков К.Д. Вычислительный комплекс SCAD в строительном вузе (примеры и задачи) : учебное пособие [Текст] / А.А. Семенов, А.А. Маляренко, И.А. Порываев, К.Д. Нафиков. – Москва: СКАД СОФТ, 2024. – 395 с.

**А.И. Королев**

**Научный руководитель к.т.н., доцент Т.Ф. Шляхтина**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

### **ПРЕИМУЩЕСТВА И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА T-FLEX CAD**

T-FLEX CAD – это российский программный продукт, разработанный компанией «Топ Системы», специализирующейся на создании решений для автоматизированного проектирования (CAD), инженерных расчетов (CAE) и управления жизненным циклом изделий (PLM). Комплекс ориентирован на пользователей разных уровней подготовки, начиная от студентов технических вузов и заканчивая инженерами крупных промышленных предприятий [1].

Первая версия программного комплекса была выпущена в конце 80-х годов XX века. За прошедшие десятилетия компания неоднократно обновляла систему, адаптируя её к современным требованиям промышленного производства. Сегодня T-FLEX CAD является одной из ведущих российских

разработок в области инженерного дизайна, широко применяемой как отечественными предприятиями, так и зарубежными компаниями.

Программный комплекс T-FLEX CAD обладает следующими возможностями:

**- двухмерное проектирование (2D)**

Система позволяет создавать чертежи любой сложности в двухмерном пространстве. Поддерживаются стандартные форматы документов (A0–A7), возможность автоматического построения размеров, допусков и посадок согласно ГОСТ и ISO стандартам. Пользователь имеет доступ к обширному набору инструментов для рисования и редактирования графических объектов, включая линии, окружности, дуги, сплайны и многое другое.

Ключевые особенности:

- поддержка стандартов ЕСКД/СПДС;
- работа с масштабируемыми объектами;
- автоматическое создание спецификаций;
- интеграция с библиотеками стандартных деталей и компонентов.

**- трехмерное моделирование (3D)**

Одним из ключевых преимуществ системы является мощная среда трехмерного моделирования. Моделирование ведется с использованием различных методов: твердотельное моделирование, поверхностное моделирование, гибридное моделирование и параметрические модели. Эти методы позволяют проектировщику быстро получать точные цифровые прототипы будущих конструкций.

Также одним из преимуществ является возможность создания 3D-сборок. Они создаются по принципу «снизу-вверх», при котором сначала все детали создаются в отдельных файлах, а уже после вставляются в общий файл сборки. Также сборку можно создавать, вставляя в проект другие сборки, связывая их между собой. Данный метод позволяет создавать большую сборку из более мелких частей, при этом работа над ними может вестись параллельно несколькими исполнителями, что ускоряет процесс.

Основные инструменты 3D-моделирования включают:

- Твердотельные примитивы: цилиндр, сфера, куб, призма и другие базовые формы.
- Поверхностное моделирование: NURBS-поверхности, криволинейные поверхности, сопряжения и сглаживания.
- Инструменты сборки: механическая сборка узлов и механизмов, связывание элементов конструкции, проверка столкновений и выявление коллизий между деталями.
- Параметризация моделей: возможность изменения геометрии детали путем ввода новых значений переменных и связей между параметрами.

Также система поддерживает импорт и экспорт различных форматов файлов, используемых в машиностроении и архитектуре (STEP, IGES, DXF/DWG, Parasolid и др.)[2].

### **- инженерные расчеты и симуляции**

Программный комплекс включает встроенные модули анализа напряженно-деформированного состояния конструкций методом конечных элементов (МКЭ), теплового расчета и динамики движения механических систем. Возможность проводить предварительные расчеты прямо внутри программы, экономя время инженеров и сокращая вероятность ошибок на этапе разработки изделия.

Примеры расчетов[3].

- статический расчет прочности деталей;
- расчет тепловых потоков и температурных полей;
- динамический анализ колебаний и устойчивости конструкций.

### **- библиотеки стандартных деталей и материалов**

Программа оснащена обширными библиотеками готовых деталей и конструктивных элементов, соответствующих российским стандартам и международным нормам. Это значительно ускоряет процесс проектирования сложных узлов и агрегатов. К стандартным элементам относятся крепежные элементы, подшипники, зубчатые колеса, пружины и многие другие типовые компоненты.

Кроме того, доступна библиотека физических свойств материалов, позволяющая точно рассчитывать массу, плотность, теплопроводность и другие важные характеристики проекта.

### **- управление проектами и документация**

Комплекс обладает инструментами управления проектом, такими как, управление изменениями, контроль версий, выпуск технической документации. Система обеспечивает согласованность всех этапов проектирования и облегчает взаимодействие между участниками проектной команды. Интеграция с системой PLM («T-FLEX DOCs») делает возможным полный цикл управления жизненным циклом изделия.

Сегодня T-FLEX CAD активно используется во многих отраслях промышленности:

- автомобилестроение;
- авиационная промышленность;
- производство станков и оборудования;
- строительство и архитектура;
- судостроительная отрасль;
- энергетическое оборудование.

Российские предприятия, такие как ПАО «КАМАЗ», АО «Ростех», ОАО «РЖД», используют этот программный комплекс для ускорения процесса проектирования и повышения качества продукции.

Таким образом, программный комплекс T-FLEX CAD представляет собой мощный многофункциональный инструмент для автоматизации конструкторских работ и инжиниринга. Его основные преимущества заключаются в высокой производительности, поддержке отечественных стандартов, широком спектре возможностей и доступной цене. Благодаря развитию соб-

ственных технологий, российская разработка уверенно конкурирует с западными аналогами и продолжает укреплять позиции на мировом рынке CAD/CAM/CAE-решений.

### **Литература**

1. T-FLEX CAD Система автоматизированного проектирования/ [Электронный ресурс] // <https://tflexcad.ru/>: [сайт]. – URL: <https://tflexcad.ru/> (дата обращения: 29.05.2025).
2. Руководство пользователя T-FLEX CAD и T-FLEX Динамика, пособие по 2D проектированию и 3D моделированию в T-FLEX CAD / [Электронный ресурс] // <https://tflexcad.ru/>: [сайт]. – URL: <https://tflexcad.ru/help/tutorial/17/index.htm> (дата обращения: 29.05.2025).
3. Коледа, А. Н. Основы работы в программе T-FLEX CAD [Текст] / А. Н. Коледа – Томск, 2023 – 142 с.

**В.Н. Лавников**

**Научный руководитель к.т.н., доцент О.Е. Волкова**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

**А.Ю. Волкова**

**Научный руководитель к.т.н., доцент О.Е. Волкова**

*Томский политехнический университет, г. Томск*

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕНТРА СОЦИАЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В Г.МОСКВЕ**

Участок работ располагается с внешней стороны МКАД на Пятницком шоссе. Участок расположен в районе сложившейся застройки, поверхность сильно трансформирована хозяйственной деятельностью.

В геоморфологическом отношении участок работ расположен в пределах пологоволнистой флювиогляциальной равнины. Поверхность участка ровная, абсолютные отметки поверхности изменяются в пределах от 168,84 до 168,95 по абсолютным отметкам устьев скважин. Климат района умеренно-континентальный.

По результатам многолетних наблюдений площадка характеризуется следующими основными показателями:

|                                            |                 |
|--------------------------------------------|-----------------|
| средняя температура января                 | – минус 10,2 °С |
| абсолютный минимум                         | – минус 42 °С   |
| средняя температура июля                   | – плюс 18,1°С   |
| абсолютный максимум                        | – плюс 37 °С    |
| средняя годовая температура                | – плюс 4,1 °С   |
| количество осадков в период ноябрь-март    | 201 мм          |
| количество осадков в период апрель-октябрь | 443 мм.         |

Сейсмичность района составляет менее 6 баллов.

При проведении изысканий решались следующие основные задачи:

- изучение геологического разреза, состава и состояния слагающих его литологических разностей на глубину до 20 м от поверхности земли;
- выявление неблагоприятных инженерно-геологических процессов;
- установление нормативных показателей деформационных и прочностных свойств грунтов на основе лабораторных анализов, статического зондирования и использования фондовых данных и таблиц СП с целью получения материалов, необходимых и достаточных для разработки проектной и рабочей документации[1].

Изыскания проводились комплексно и включали в себя:

- сбор, систематизацию и анализ литературных и фондовых материалов по участку работ и объектам-аналогам;
- бурение 4 скважин глубиной 20 м общим метражом 80 п. м. Проходка скважин осуществлялась ударно-канатным способом передвижными буровыми установками ПБУ-2 с полным описанием керна;
- отбор разновидностей грунта (28 образцов) и лабораторные анализы их свойств;
- статическое зондирование грунтов в 4-х точках;
- камеральную обработку материалов изысканий и составление отчета.

Камеральная обработка производилась в соответствии с СП 47.13330.2012 и другими действующими нормативными документами с использованием ЭВМ[2].

В результате камеральной обработки выполнено следующее: проведена статистическая обработка результатов буровых работ, статического зондирования, штамповых испытаний и лабораторных испытаний по выделенным ИГЭ; построены инженерно-геологические разрезы; составлен отчет. Работы выполнялись в соответствии с требованиями СП 11-105-97, СП 47-133300-2012 и МГСН 2.07-01 [1, 2].

Лабораторные исследования грунтов проводились с соблюдением требований государственных стандартов и включали полный комплекс определений физических свойств с природной влажностью, согласно ГОСТ 30416-2020, ГОСТ 5180–2015 [3–5].

Инженерно-геологический разрез изучен до глубины 20 м. С поверхности и до подошвы изученного интервала глубин залегают:

- техногенный слой, вскрытый всеми скважинами, представленный преимущественно песчанистыми грунтами, с включением осколков кирпича, бетона и строительного мусора. Мощность техногенных отложений достигает 2,2 – 2,5 м.

- флювиогляциальные отложения (f II ms) московского горизонта, представленные суглинками полутвердыми, коричневыми, песчанистыми комковатыми. Отложения залегают под техногенными грунтами, распространены по всему участку изысканий, мощность отложений достигает 2,5–3,1 м (рис. 1).



Рис. 1. Флювиогляциальные суглинки

- флювиогляциальные отложения (f II ms) московского горизонта, представленные песками мелкими, коричневыми, светло-коричневыми, неоднородными, маловлажными, средней плотности. Отложения залегают под флювиогляциальными суглинками, распространены по всему участку изысканий, мощность отложений достигает 1,4–2,0 м;

- моренные отложения московского горизонта (gIIms), представленные суглинками полутвердыми, красно-коричневыми, темно-коричневыми, песчанистыми, легкими, с включением гальки и гравия до 15 %. Отложения распространены по всему участку изысканий, залегают под флювиогляциальными песками. Мощность отложений составляет 7,8–9,4 м (рис. 2).



Рис. 2. Моренные отложения

- флювиогляциальные отложения (f I st-dn) сетуньско-донского межледниковья, представленные песками мелкими, коричневыми, светло-коричневыми, однородными, маловлажными, плотными. Отложения залегают под моренными суглинками, распространены по всему участку изысканий. Подошва данных отложений скважинами не вскрыта. Вскрытая мощность отложений достигает 4,0–5,0 м (рис. 3).



Рис. 3. Мелкие пески сетуньско-донского горизонта

В процессе изысканий в пределах площадки во всех скважинах встречены техногенные отложения, представленные планомерно возведенной насыпью, состоящей из преимущественно песчаных грунтов с мелкими прослоями глинистой фракции, с осколками кирпича, бетона, включением строительного мусора. Насыпные грунты плотные, относятся к хорошо слежавшимся согласно п. 6.6 СП 22.13330.2011.

В процессе бурения на исследуемом участке подземные воды не были вскрыты. В период гидрогеологических максимумов, а также в случае утечек из водонесущих коммуникаций возможно образование «верховодки» в техногенных отложениях.

Для характеристики прочностных и деформационных свойств грунтов используются следующие показатели:

- угол внутреннего трения –  $\varphi$ , ...°;
- удельное сцепление –  $C$ , кПа ( $\text{кгс/см}^2$ );
- модуль деформации –  $E$ , МПа ( $\text{кгс/см}^2$ );

Указанные параметры приняты по результатам лабораторных определений показателей физическо-механических свойств грунтов, с учетом данных испытаний грунтов статическим зондированием и штамповыми испытаниями.

На основании проведенных изысканий в грунтовом массиве выделено 5 инженерно-геологических элементов (ИГЭ).

Нормативные и расчетные показатели свойств выделенных ИГЭ приведены в табл. 1 [6].

По результатам лабораторных определений и результатам статического зондирования были установлены нормативные и расчетные параметры (для доверительной вероятности 0,85, 0,95) свойств грунтов.

Результаты проведенных изысканий позволяют сделать следующие выводы и рекомендации:

1. По инженерно-геологическим условиям участок характеризуется II категорией сложности. Геотехническая категория – 2.

В геологическом разрезе участка до глубины 20 м выделяется 5 инженерно-геологических элементов (ИГЭ).

Таблица 1

## Нормативные и расчетные характеристики грунтов

| Но-<br>мер<br>ИГЭ | Номенкла-<br>турный<br>вид грунта                                                                                            | Страти-<br>графи-<br>ческий<br>индекс | Модуль<br>деформа-<br>ции $E$ ,<br>МПа | Плотность<br>грунта, г/см <sup>3</sup> |               |               | Удельное сцеп-<br>ление, кПа |            |            | Угол внутренне-<br>го трения, ...° |                  |                  |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------|---------------|------------------------------|------------|------------|------------------------------------|------------------|------------------|
|                   |                                                                                                                              |                                       |                                        | $\rho_n$                               | $\rho_{0,85}$ | $\rho_{0,95}$ | $C_n$                        | $C_{0,85}$ | $C_{0,95}$ | $\varphi_n$                        | $\varphi_{0,85}$ | $\varphi_{0,95}$ |
| 2                 | Суглинок полутвердый, песчанистый, комковатый, светло-коричневый, коричневый                                                 | f II ms                               | 18,7                                   | 2,05                                   | 2,03          | 2,02          | 19,4                         | 18,2       | 17,2       | 21,9                               | 21,3             | 20,8             |
| 3                 | Песок коричневый, светло-коричневый, мелкий, маловлажный, неоднородный, средней плотности                                    |                                       | 27,8                                   | 1,94                                   | 1,91          | 1,88          | 2,8                          | 2,6        | 2,5        | 39,6                               | 39,4             | 39,3             |
| 4                 | Суглинок полутвердый красновато-коричневый, темно-коричневый, серо-коричневый, с включением гальки и крупного гравия до 15 % | g II ms                               | 30,7                                   | 2,15                                   | 2,14          | 2,14          | 56,0                         | 52,7       | 50,3       | 19,8                               | 19,7             | 19,6             |
| 5                 | Песок желто-коричневый, светло-коричневый, мелкий, маловлажный, однородный, средней плотности до плотного                    | f I st-dn                             | 30,7                                   | 1,97                                   | 1,95          | 1,93          | 4,5                          | 3,1        | 3,8        | 36,2                               | 35,5             | 35,0             |

С поверхности и до подошвы изученного интервала глубин, залегают: техногенный слой, состоящий из дисперсных насыпных, преимущественно песчанистых грунтов, с мелкими прослойками глинистой фракции, с включением осколков кирпича, бетона и строительного мусора. Насыпные грунты хорошо слежавшиеся. Согласно т. В.9 СП 22.13330.11 значение  $R_0 = 200$  кПа;

флювиогляциальные отложения (f II ms) московского горизонта, представленные суглинками полутвердыми, коричневыми, песчанистыми комковатыми.

Нормативные показатели свойств ИГЭ-2 составляют: модуль деформации  $E = 18,7$  МПа, плотность грунта  $\rho = 2,05$  г/см<sup>3</sup>, удельное сцепление  $C = 19,4$  кПа, угол внутреннего трения  $\varphi = 21,9^\circ$ ; флювиогляциальные отложения (f II ms) московского горизонта, представленные песками мелкими, коричневыми, светло-коричневыми, неоднородными, маловлажными, средней плотности. Грунты ИГЭ-2 обладают средней коррозионной агрессивностью к свинцовым элементам, средней коррозионной агрессивностью к алюминиевой оболочке кабелей, а также высокой коррозионной агрессивностью к углеродистой стали. Отмечено отсутствие агрессивного воздействия на бетонные конструкции. Уровень рН= 7,0–7,2.

Нормативные показатели свойств ИГЭ-3 составляют: модуль деформации  $E = 27,8$  МПа, плотность грунта  $\rho = 1,94$  г/см<sup>3</sup>, удельное сцепление  $C = 2,8$  кПа, угол внутреннего трения  $\varphi = 39,6^\circ$  коэффициент фильтрации  $= 1,96$  м/сут; моренные отложения московского горизонта (g II ms), представленные суглинками полутвердыми, красно-коричневыми, темно-коричневыми, песчанистыми, легкими, с включением гальки и гравия до 15 %.

Нормативные показатели свойств ИГЭ-4 составляют: модуль деформации  $E = 30,7$  МПа, плотность грунта  $\rho = 2,15$  г/см<sup>3</sup>, удельное сцепление  $C = 56$  кПа, угол внутреннего трения  $\varphi = 19,8^\circ$ ; флювиогляциальные отложения (f I st-dn) сетуньско-донского горизонта, представленные песками мелкими, коричневыми, светло-коричневыми, однородными, маловлажными, плотными.

Нормативные показатели свойств ИГЭ-5 составляют: модуль деформации  $E = 30,7$  МПа, плотность грунта  $\rho = 1,97$  г/см<sup>3</sup>, удельное сцепление  $C = 2,8$  кПа, угол внутреннего трения  $\varphi = 39,6^\circ$  коэффициент фильтрации  $= 2,97$  м/сут.

2. В процессе бурения на исследуемом участке подземные воды не были вскрыты. В период гидрогеологических максимумов, а также в случае утечек из водонесущих коммуникаций возможно образование «верховодки» в техногенных отложениях.

3. Нормативная глубина сезонного промерзания техногенных отложений ИГЭ -1 и согласно пособию по проектированию оснований зданий и сооружений, составляет 1,63 м. Насыпные грунты по степени морозной пучинистости не классифицируются, однако с учетом неоднородного литологического состава их рекомендуется рассматривать слабопучинистыми.

4. С учетом предполагаемой глубины заложения фундамента участок является неподтопляемым. В период гидрогеологических максимумов, а также в случае утечек из водонесущих коммуникаций возможно образование «верховодки» в техногенных отложениях. В связи этим необходимо предусмотреть гидроизоляционные работы для защиты фундаментов строящихся сооружений.

## Литература

1. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Основные положения// <https://docs.cntd.ru/document/1200000255>.
2. СП 47-133300-2012. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ // <https://docs.cntd.ru/document/1200096789>.
3. Пособие к МГСН 2.07-01. Основания, фундаменты и подземные сооружения // <https://docs.cntd.ru/document/1200037734>.
4. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). Москва, 1986 г // <https://docs.cntd.ru/document/1200007420>.
5. ГОСТ 25100-11. Грунты. Классификация // <https://docs.cntd.ru/document/1200095052>.
6. Отчет по ИГИ строительства ЦСО по адресу: г. Москва, Пятницкое шоссе, вл. 6 – ООО «Стандарт Геострой». – М., 2017. – 110 с.

**В.Р. Леонтьев**

**Научный руководитель к.п.н., доцент В.М. Камчаткина**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

## ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Современные методы оценки качества строительно-монтажных работ, такие как BIM-моделирование, лазерное сканирование, тепловизионный и ультразвуковой контроль, а также использование дронов и автоматизированных систем, позволяют минимизировать риски и повысить точность проверок перед вводом объекта в эксплуатацию (рис. 1).

Современные требования к строительным объектам, включая ужесточение нормативов безопасности и усложнение инженерных решений, диктуют необходимость перехода на высокоточные методы контроля качества. Традиционные подходы, такие как ручные замеры или бумажная фиксация данных, остаются актуальными для базовых задач, однако их возможности ограничены в условиях масштабных проектов и повышенных стандартов надежности. Например, визуальный осмотр не позволяет оценить внутренние дефекты, а локальные измерения не обеспечивают комплексного анализа конструкции. Внедрение современных технологий, напротив, позволяет автоматизировать процессы, повысить детализацию исследований и интегрировать данные в цифровые платформы для управления жизненным циклом объектов. Это обеспечивает не только соответствие новым нормам, но и долгосрочную устойчивость сложных систем.

Инновационные технологии, такие как BIM-моделирование и лазерное сканирование, устраняют эти недостатки за счет цифровизации процессов. Они позволяют не только фиксировать отклонения в реальном времени, но и оптимизировать ресурсы, прогнозировать риски и гарантировать соответствие международным стандартам. В совокупности эти методы формируют

новый этап в строительном надзоре, где автоматизация и комплексный анализ становятся основой качества.



Рис. 1. Современные методы оценки качества СМР

*ТИМ (Технологии информационного моделирования)* представляет собой процесс создания и управления цифровой моделью здания, которая содержит всю информацию о проекте, включая геометрические данные, характеристики материалов, сроки выполнения работ и многое другое. Эта технология позволяет проводить виртуальный контроль качества на всех этапах строительства, сравнивая реальные параметры объекта с цифровой моделью, что помогает выявлять коллизии и ошибки на ранних этапах, а также интегрировать данные всех участников проекта. Внедрение технологий BIM на основе цифровизации документации и организации электронного документооборота позволит значительно оптимизировать существующий перечень документации строительного контроля. Важным в системе организации электронного документооборота является создание нормативно-правовой базы позволяющей ответственным специалистам подписывать электронные документы при помощи электронной цифровой подписи. Создание на базе национального реестра специалистов в области строительства удостоверяющего центра, который будет выдавать электронные подписи с возможностью дистанционного отключения права подписи. Дистанционное отключение права подписи позволит исключить возможность подписания документов неквалифицированными специалистами. В базе данных удостоверяющего центра будут храниться данные о квалификации специалистов, сроках действиях удостоверений, которые легко можно будет проверить. Данное решение позволит значи-

тельно увеличить качество строительного контроля. Однако внедрение BIM требует затрат на оборудование, программное обеспечение и обучение персонала [1].

*Лазерное сканирование* стало ключевым методом контроля геометрии объектов благодаря созданию точных трехмерных моделей строительных конструкций. Эти модели позволяют оценить геометрические параметры объекта и выявить отклонения от проектной документации. Лазерное сканирование особенно полезно для контроля качества сложных конструкций, таких как фасады, мосты и тоннели, а также для оценки точности монтажа. С 2021 года лазерное сканирование стало одним из наиболее востребованных методов проведения обмеров. Оно широко применяется в промышленном и жилищном строительстве, а также в инженерных изысканиях линейных сооружений. Этому способствуют такие преимущества, как: высокая точность измерений с погрешностью не более 7 мм, минимизация вмешательства человеческого фактора, высокая скорость работы лазерного сканера. Опыт показывает, что по сравнению с традиционными методами время съемки можно уменьшить в 2–3 раза. Это также снижает стоимость и на треть сокращает сроки работ, начиная от подготовки проектов или смет и заканчивая строительством и авторским надзором [2].

*Геодезические методы* играют важную роль в современной оценке качества. Современные геодезические инструменты, такие как электронные тахеометры и GPS-оборудование, позволяют с высокой точностью измерять координаты и высоты строительных конструкций. Эти методы используются для контроля геометрии зданий, выравнивания фундаментов и монтажа несущих конструкций. От правильной организации и выполнения геодезических работ зависят устойчивость и надежность возводимых объектов, технико-экономические и качественные показатели строительства [3].

*Тепловизионный контроль* используется для выявления тепловых аномалий, указывающих на дефекты изоляции, утечки тепла или скрытые повреждения. Тепловизор представляет собой устройство, на котором отражается распределение тепловой энергии квартиры, дома или целого здания. Исследование помогает вовремя заметить изъяны, разработать план по реконструкции или частичному восстановлению. Так объект сможет сохранить тепло надолго и продлить свой срок службы и эксплуатации. Преимущество тепловизионного контроля заключается в возможности выявления скрытых дефектов без разрушения конструкций. Однако для проведения измерений требуются специфические условия, такие как разница температур, а также специализированное оборудование [4].

*Ультразвуковой контроль (УЗК)* используется для анализа внутренней структуры бетона и металла, выявления трещин, пустот и расслоений. Активный метод анализирует отраженные волны, пассивный – фиксирует естественные колебания материала. Метод фазированной решетки превосходит традиционный УЗК с одноэлементным преобразователем за счет скорости, точности и удобства. Его преимущества: высокая вероятность обнаружения дефектов, один датчик для всех углов, улучшенная визуализация, автомати-

зация отчетов и повторяемость. Это делает метод ключевым в задачах технической диагностики [5].

Современный ультразвуковой контроль развивается: совершенствуется аппаратура, интерфейсы и методы. Визуализация упрощается благодаря цветным LCD-экранам, а документирование автоматизируется – 3D-модели дефектов и запись данных заменяют ручные протоколы. Инновации повышают объективность и технологичность диагностики. Ограничения УЗК включают невозможность определения природы дефекта: метод фиксирует проблему, но не её тип. Для повышения информативности УЗК комбинируют с акустической эмиссией, которая отслеживает динамику дефектов под нагрузкой. Это критично при оценке мостовых конструкций, где важен прогноз долговечности элементов [6].

*Автоматизированные системы* мониторинга отслеживают физические параметры конструкций в режиме реального времени, такие как деформации, вибрации и температура. Полученные данные постоянно сравниваются с заданными пределами. В случае выявления критических отклонений от нормы, происходит выдача сигнала тревоги, оповещение персонала и дежурно-диспетчерских служб (при необходимости). Использование автоматизированных систем мониторинга особенно актуально для уникальных и высотных зданий; большепролетных объектов (мосты, сооружения); протяженных объектов (тоннели, нефте- и газопроводы); на потенциально опасных объектах (атомные электростанции, гидроэлектростанции, промышленные комплексы), стратегических объектов (военная и авиакосмическая инфраструктура). Несмотря на эффективность, внедрение таких систем требует высоких затрат, что ограничивает их использование [7].

*Дроны (БПЛА)* с камерами и датчиками стали незаменимыми для осмотра труднодоступных зон, таких как фасады и кровли, а также для геодезической съемки крупных площадок. Сервисы вроде "Skycatch" создают 3D-модели карт местности, а, например, Московская компания "TracAir" автоматически сопоставляет объемы выполненных работ со сметными данными. Преимущества использования дронов включают быстроту и безопасность осмотра, а также возможность работы на высотных объектах. Однако точность дронов ограничена по сравнению с лазерным сканированием [8].

Комплексная оценка качества строительно-монтажных работ включает несколько ключевых этапов, обеспечивающих всесторонний анализ объекта.

На этапе подготовки определяются методы контроля, исходя из специфики объекта. Например, для жилого дома оптимально сочетание BIM-моделирования и тепловизионного обследования, так как это позволяет выявить как геометрические отклонения, так и тепловые аномалии [9]. Выбор инструментов также зависит от нормативных требований: для проверки сварных швов мостов применяют ультразвуковой контроль, а для фасадов – лазерное сканирование [10, 11].

Собранные данные сравниваются с требованиями ГОСТ, СП и проектной документацией. Например, отклонения в геометрии стен анализируются по СП 70.13330.2012, а тепловые потери – по ГОСТ Р 56778–2015. На основе

выявленных несоответствий формируется дефектная ведомость, где каждый дефект классифицируется по степени критичности [11].

Результаты оформляются в виде отчета с рекомендациями. Для устранения дефектов предлагаются конкретные меры: замена некачественных материалов, усиление конструкций или корректировка проектных решений. Например, при обнаружении мостиков холода в жилом доме рекомендуется дополнительное утепление стен и герметизация швов [12].

### Литература

1. Повышение качества строительного контроля на основе технологий BIM – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestva-stroitel'nogo-kontrolya-na-osnove-tehnologiy-bim> (дата обращения: 02.05.2025).
2. Лазерное сканирование при строительстве и реконструкции зданий – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lazernoe-skanirovanie-pri-stroitel'stve-i-rekonstruktsii-zdaniy> (дата обращения: 02.05.2025).
3. Попов Б.А. Геодезия в строительстве: учебное пособие / Б.А. Попов, М. Б. Реджепов, Ю. С. Нетребина, Я. В. Вобликова. – Воронеж: Центрально-Чернозёмное Книжное Издательство, 2021. – 152 с.
4. Тепловизионное обследование – URL: <https://ekspertiza-dep-gov.ru/services/ekspertiza-zdaniy-i-sooruzhenij/teplovizionnoe-obsledovanie> (дата обращения: 02.05.2025).
5. Развитие методов ультразвукового контроля при техническом диагностировании оборудования – URL: <https://www.lkmportal.com/articles/razvitiye-metodov-ultrazvukovogo-kontrolya-pri-tehnicheskoy-diagnostirovaniy-oborudovaniya> (дата обращения: 02.05.2025).
6. Ультразвуковой метод неразрушающего контроля – URL: <https://grosse.ru/services/obsledovanie-zdaniy-i-sooruzheniy/ultrazvukovoy-metod-nerazrushayushchego-kontrolya> (дата обращения: 02.05.2025).
7. Автоматизированные системы мониторинга конструкций – URL: <https://monsol.ru/primeneniye/baza-znaniy/poleznye-statii/avtomatizirovannye-sistemy-monitoringa> (дата обращения: 02.05.2025).
8. Материалы областной студенческой научно-технической конференции: сб. материалов в 5-х частях, ГБПОУ «Южно-Уральский государственный технический колледж»; [редколлегия: Т. Ю. Крашакова, О. В. Ершова, Ю. В. Селезнёва]. – Челябинск: Научно-методический центр Южно-Уральского государственного технического колледжа, 2024. – Часть 2 (дата обращения: 02.05.2025).
9. Тепловизионное обследование зданий и сооружений – URL: <https://elaba24.ru/service/teplovizionnoe-obsledovanie/teplovizionnoe-obsledovanie-zdaniy> (дата обращения: 02.05.2025).
10. BIM-моделирование по данным лазерного сканирования – URL: <https://scan.sporal.ru/services/bimmodelirovanie> (дата обращения: 02.05.2025).
11. Строительный контроль с использованием метода лазерного сканирования – URL: <https://a-expert.ru/services/stroitelnyy-kontrol-uslugi/stroitelnyy-kontrol-s-ispolzovaniem-metoda-lazernogo-skanirovaniya> (дата обращения: 02.05.2025).
12. Ультразвуковой контроль швов сварных соединений мостов, локомотивов и вагонов, ОСТ 32 100-87 – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293826/4293826457.htm> (дата обращения: 02.05.2025).

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ИСТОЧНИКОВ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА**

Поиск возможностей применения систем искусственного интеллекта для анализа измерительного процесса с целью выявления мест контроля и источников неопределенности измерений является актуальной задачей. Большие языковые модели могут быть использованы для автоматизации анализа, улучшения контроля качества строительной продукции и повышения достоверности результатов измерений [1].

Измерительные процессы, лежащие в основе контроля качества, должны быть тщательно контролируемы и характеризоваться минимальной неопределенностью [2]. Традиционный анализ измерительных процессов является трудоемким и требует глубоких знаний в области метрологии и статистики [3]. Использование больших языковых моделей открывает новые возможности для автоматизации этого процесса, повышения его эффективности и улучшения контроля качества строительной продукции.

В связи с этим целью настоящего исследования является разработка подхода применения больших языковых моделей для анализа измерительного процесса, выявления источников неопределенности измерений на примере определения модуля крупности песка.

В качестве измерительного процесса рассмотрен метод определения модуля крупности песка ( $M_k$ ) путем ситового анализа, регламентированный ГОСТ 8735-88. В качестве большой языковой модели использовалась модель GPT-4, доступная через API OpenAI. Запросы к модели были сформулированы на русском языке. Для анализа измерительного процесса с использованием GPT-4 был использован следующий подход:

1. С целью анализа измерительного процесса выделены его основные этапы (рис. 1).
2. Разработаны запросы к модели, направленные:
  - на выявление мест контроля на каждом этапе процесса;
  - идентификацию источников неопределенности измерений;
  - предложение методов снижения неопределенности;
  - оптимизацию процесса измерений.
3. Результаты выдачи модели (рис. 1–6) были проанализированы с целью выявления наиболее соответствующей информации, систематизации и представления результатов.

Использование модели GPT-4 позволило определить места и объекты контроля и выявить источники неопределенности на каждом этапе процесса.

```

graph TD
    A[Начало: Подготовка к измерениям] --> B[Этап 1: Отбор и подготовка пробы песка];
    B --> C{Проверка: Действительны ли поверка/аттестация оборудования?};
    C -- Да --> D[Этап 2: Калибровка оборудования];
    C -- Нет --> E[Остановить процесс: Необходима поверка/аттестация];
    D --> F[Этап 3: Проведение измерений (ситовый анализ)];
    F --> G[Этап 4: Обработка результатов измерений];
    G --> H[Этап 5: Оценка неопределенности измерений];
    H --> I[Этап 6: Представление результатов];
    I --> J[Конец: Результаты измерений модуля крупности песка];

```

Рис. 1. Результаты выдачи модели по анализу процесса при подготовке к измерениям

```

subgraph Этап 1: Отбор и подготовка пробы песка
    B1[Отбор представительной пробы песка (по ГОСТ 8735-88)];
    B1 --> B2{Проверка: Соответствует ли масса пробы требованиям ГОСТ?};
    B2 -- Да --> B3[Высушивание пробы в сушильном шкафу ED 23 до постоянной массы];
    B2 -- Нет --> B1;
    B3 --> B4{Проверка: Достигнута ли постоянная масса?};
    B4 -- Да --> B5[Охлаждение пробы до комнатной температуры];
    B4 -- Нет --> B3;
    B5 --> B6[Взвешивание пробы на весах МК-15,2-A20 (m_общая)];
end

```

Рис. 2. Результаты выдачи модели по анализу процесса на этапе «Отбор и подготовка пробы песка»

```

subgraph Этап 2: Калибровка оборудования
    D1[Визуальный осмотр сит на предмет повреждений и чистоты];
    D1 --> D2[Проверка соответствия сит требованиям ГОСТ];
    D2 --> D3[Проверка точности весов МК-15,2-A20 с использованием калибровочных гирь];
    D3 --> D4[Проверка температуры сушильного шкафа ED 23];
    D4 --> D5[Оценка неопределенности калибровки оборудования];
    D5 --> D6[Внесение поправок (при необходимости)];
end

```

Рис. 3. Результаты выдачи модели по анализу процесса на этапе «Калибровка оборудования»

На этапе 1 «Отбор и подготовка пробы песка» необходимо обеспечить соответствие пробы требованиям ГОСТ 8735–88 (рис. 2). Несоблюдение требований к отбору пробы может привести к систематической ошибке в результатах измерений. В качестве источников неопределенности на данном этапе можно рассматривать неоднородность песка, ошибки при отборе пробы, неточность весов.

Для минимизации неопределенности модель рекомендует использовать методы статистического контроля для оценки представительности пробы.

На этапе 2 «Калибровка оборудования» необходима проверка соответствия сит требованиям ГОСТ, а также точности весов (рис. 3). Неисправное оборудование или неточные весы могут значительно увеличить неопределенность измерений. В качестве источников неопределенности рассматриваются неточность калибровочных гирь, погрешность весов, износ сит. С целью минимизации неопределенности измерений необходимо регулярно проводить калибровку оборудования в аккредитованной лаборатории.

Далее на этапе 3 «Проведение измерений (ситовой анализ)» необходимо обеспечить равномерность просеивания пробы песка (рис. 4). Недостаточное или неравномерное просеивание может привести к ошибкам в определении фракционного состава.

В качестве источников неопределенности на данном этапе испытаний следует рассматривать человеческий фактор (при ручном просеивании), погрешность ситового анализатора, остатки материала на ситах. С целью минимизации неопределенности измерений и для повышения точности и воспроизводимости результатов целесообразно использовать автоматизированные ситовые анализаторы.

На 4 этапе «Обработка результатов измерений» необходим контроль правильности и точности расчетов процента остатка и модуля крупности песка (рис. 5). В данном случае источником неопределенности будут являться ошибки при ручном расчете, округление чисел. С целью минимизации неопределенности измерений рекомендуется использовать специализированное программное обеспечение для автоматизации расчетов.

На 5 этапе «Оценка неопределенности измерений» необходима правильная идентификация всех источников неопределенности и оценка их вклада в суммарную неопределенность измерений (рис. 6). Полный учет источников неопределенности, а также правильная оценки стандартных неопределенностей обеспечивается использованием статистических методов.

Таким образом, результаты исследования показывают, что большие языковые модели могут быть эффективным инструментом для анализа измерительных процессов. Они способны быстро анализировать большие объемы информации, выявлять скрытые закономерности и предлагать решения для повышения качества измерений. Использование больших языковых моделей для анализа измерительного процесса является перспективным направлением, позволяющим автоматизировать процесс, выявлять критические места контроля и источники неопределенности измерений. Предложенный подход

позволяет повысить эффективность контроля качества строительной продукции и улучшить достоверность результатов измерений.

```

subgraph Этап 3: Проведение измерений (ситовый анализ)
  F1[Установка сит в колонну в порядке уменьшения размера ячеек
(ГОСТ 8735-88)];
  F1 --> F2[Насыпание высушенной и взвешенной пробы песка на
верхнее сито];
  F2 --> F3[Проведение просеивания на ситовом анализаторе
(ручное или механическое) в течение установленного времени];
  F3 --> F4[Взвешивание остатка на каждом сите на весах
МК-15,2-A20 (m_i)];
end

```

Рис. 4. Результаты выдачи модели по анализу процесса на этапе «Проведение измерений (ситовой анализ)»

```

subgraph Этап 4: Обработка результатов измерений
  G1[Расчет процента остатка на каждом сите:  $P_i = (m_i / m_{общая}) * 100\%$ ];
  G1 --> G2[Расчет полных остатков на каждом сите (суммирование
остатков)];
  G2 --> G3[Суммирование полных остатков на ситах, определенных
ГОСТ 8735-88];
  G3 --> G4[Расчет модуля крупности песка:  $M_k = \Sigma(\text{полных остатков}) / 100$ ];
end

```

Рис. 5. Результаты выдачи модели по анализу процесса на этапе «Обработка результатов измерений»

```

subgraph Этап 5: Оценка неопределенности измерений
  H1[Идентификация источников неопределенности на каждом этапе
процесса];
  H1 --> H2[Оценка стандартной неопределенности для каждого
источника];
  H2 --> H3[Комбинирование стандартных неопределенностей];
  H3 --> H4[Расчет расширенной неопределенности с
использованием коэффициента охвата (k=2)];
end

```

Рис. 6. Результаты выдачи модели по анализу процесса на этапе «Оценка неопределенности измерений»

## Литература

1. Колчин В.Н. Специфика применения технологии «искусственного интеллекта» в строительстве // Инновации и инвестиции. 2022. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-primeneniya-tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-v-stroitelstve> (дата обращения: 20.04.2025).
2. ГОСТ 34100.3–2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. – М.: Стандартинформ, 2018.
3. Лебедева Т.А., Мирзоев М.А. Выявление источников неопределенности измерений при контроле качества строительных материалов на основе жидкостекольных композиций // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2024. Т. 1. С. 220–222.

**М.Я. Падаманова**

**Научный руководитель к.пед.н., доцент Л.А. Кульгина**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

## **ЗЕЛЁНЫЕ КРЫШИ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

Развитие крупных инфраструктурных проектов представляет собой одну из важнейших задач. Стремительная урбанизация сокращает площадь традиционных зелёных насаждений, ухудшая микроклимат и экологию городов. Создание зелёных крыш превращает неиспользуемые кровли в функциональные сады, возвращая природе утраченные участки и повышая комфорт городской среды.

Исторические предпосылки. Первые кровли-сады известны из легенды о Висячих садах Вавилона; травяные крыши в Исландии защищали жилища от холода, а в XIX в. идея получила новое развитие в работах Ле Корбюзье. Массовое внедрение стало возможным лишь в 1980-е годы благодаря современным гидроизоляционным мембранам и лёгким дренажным системам.

Мировой опыт. Германия удерживает лидерство по площади озеленённых кровель: местные нормативы стимулируют владельцев к устройству садов, а отсутствие зелёной крыши облагается повышенным налогом. Подобные программы действуют в Нидерландах, Швейцарии, Австрии; Сан-Франциско (США) и Франция требуют включать растения или солнечные панели в проекты новых зданий. В Беларуси первые пилотные объекты появились ещё в 1970-х, а в 2017 г. в г. Марьино Горка реализован международный демонстрационный проект [1].

Зеленые крыши обладают рядом преимуществ перед обычным кровельным покрытием зданий [2]:

- улучшение экологии самого здания и территории вокруг него: зеленые насаждения очищают воздух, задерживая около 20% вредных примесей;

- повышение уровня шумоизоляции. Особенно актуально для зданий, расположенных вблизи автомагистралей, аэропортов и прочих источников шума;

- повышение уровня теплоизоляции: зеленая кровля хорошо регулирует процессы теплообмена здания с окружающей средой. Зимой тепло задерживается, а летом дом находится в приятной прохладе;

- дополнительное место для отдыха и дополнительная площадь для реализации садоводческих идей;

- увеличение срока службы кровли. растения и грунт в определенной степени защищают крышу от воздействия негативных факторов: влаги, снега, солнечных лучей и т. д;

- защита от снежных завалов и подтоплений. растения в этом случае принимают на себя удар и частично задерживают снежные отвалы и дождевую воду;

- эстетическая составляющая. Озеленение – это оригинальное, всегда запоминающееся оформление кровли;

Кроме преимуществ имеются и недостатки зеленых крыш, а именно:

- высокая стоимость по сравнению с обычной крышей;

- большой вес, который может не выдержать несущая конструкция крыши;

- тщательный выбор растений и правильный уход за ними. Прежде чем создавать зеленый сад на крыше, следует подобрать растения, которые смогут расти в таких условиях, и иметь красивый внешний вид.

Типы озеленённых крыш и их основные характеристики приведены в табл. 1 [3], а общий вид и структура интенсивной и экстенсивной крыш – на рис. 1 и 2.

Таблица 1

Типы «зеленых» кровель

| Показатель                             | Интенсивная                        | Экстенсивная   |
|----------------------------------------|------------------------------------|----------------|
| Толщина субстрата, см                  | 25–40                              | 5–15           |
| Растения                               | кустарники, мелкие деревья, газоны | седумы, злаки  |
| Возможность пребывания людей           | высокая                            | ограниченная   |
| Масса, кг/м <sup>2</sup> (увлажнённая) | 200–300                            | 60–120         |
| Периодичность ухода                    | ежемесячная                        | 1–2 раза в год |

Экологические и эксплуатационные эффекты. Растительный слой задерживает до 20 % взвешенных частиц, снижает температуру воздуха летом на 2–3 °С, уменьшает шум до 8 дБ, продлевает срок службы кровельной мембраны в 1,5–2 раза и сокращает объём поверхностного стока на 50–90 %. Дополнительная полезная площадь востребована для отдыха жителей и городского фермерства.



Рис. 1. Вид и структура экстенсивной кровли



Рис. 2. Разрез интенсивной кровли

Конструктивное решение. «Пирог» зелёной крыши включает: несущую плиту, гидро- и корнестойкую мембрану, дренажный слой, геотекстильный

фильтр, субстрат и, при необходимости, систему автоматического полива и ветроустойчивые элементы. Выбор материалов зависит от климатических условий, уклона и назначения здания [4].

Экономическая эффективность. Несмотря на более высокую первоначальную стоимость (на 20–25 % дороже традиционной кровли), зелёная крыша окупается за счёт снижения затрат на кондиционирование, продления срока службы мембраны и повышения рыночной стоимости недвижимости на 5–15 %.

Озеленённые кровли представляют собой действенный инструмент устойчивого развития: они улучшают экологические показатели, повышают энергетическую эффективность и формируют визуально привлекательный облик мегаполиса без расширения городской площади.

### **Литература**

1. German Green Roof Association (FBB). Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofs. – Stuttgart, 2018.
2. СП 17.13330.2011 «Кровли». строительство. – Москва. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084095>.
3. Дьяконова О.В. Зелёные крыши: опыт проектирования и строительства // Современные строительные материалы. – 2021. – № 4. – С. 22.
4. Peck S., Kuhn M. Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry in Canada. – Toronto: Industry Canada, 2020.

**А.Д. Панов**

**Научный руководитель д.э.н. Т.И. Безденежных**

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург*

### **УПРАВЛЕНИЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫМИ ПРОЕКТАМИ**

Развитие крупных инфраструктурных проектов представляет собой одну из важнейших задач государственной политики. Эти проекты, нацеленные на развитие приоритетных отраслей экономики, способствуют обеспечению региональной финансовой стабильности в сложных экономических условиях за счет создания значительного числа рабочих мест. Развитие таких проектов невозможно без модернизации производства, которая основывается на инновационной деятельности страны или региона. В последние годы наблюдается рост числа проектов в области транспортной, энергетической, социальной инфраструктуры, что усиливает требования к качеству управления ими [1].

В данном исследовании, научные работы отбирались на основе материалов различных журналов, статей, а также научных электронных библиотек ResearсGate, Elibrari.ru, и т.д.. Для изучения научной литературы по теме «Управление инфраструктурными объектами» использовались сравнительный и библиометрический методы анализа.

Процесс управления инфраструктурными проектами базируется на классических подходах проектного менеджмента (РМВОК, ГОСТ Р 54869–2019) [2, 3], адаптированных к специфике инфраструктуры. Основные методологические принципы включают:

- системный подход к управлению проектами;
- применение сетевых моделей (PERT, CPM);
- управление жизненным циклом проекта от инициирования до завершения;
- управление заинтересованными сторонами.

Важным направлением в реализации инфраструктурных проектов является внедрение принципов государственного и частного партнерства (ГЧП), что позволяет привлекать дополнительные ресурсы и снижать бюджетную нагрузку [3].

К инфраструктурным относятся проекты, которые характеризуются: высокой капиталоемкостью; длительным сроком реализации; высокой степенью неопределенности и рисков; необходимостью учета интересов широкой группы стейкхолдеров [4]. Эти особенности требуют применения гибких моделей управления, регулярной оценки рисков и мониторинга прогресса выполнения работ.

Для определения динамики и тенденций в области управления инфраструктурными проектами был проведен глубокий анализ исследований, представленный в изданиях: «Российский журнал управления проектами», «Креативная экономика», «Вестник науки» и др. Динамика количества научных работ, включая научные статьи, сборники конференции и монографии за период 2021–2024 гг., посвящённых рассматриваемой тематике, представлена на рис. 1.

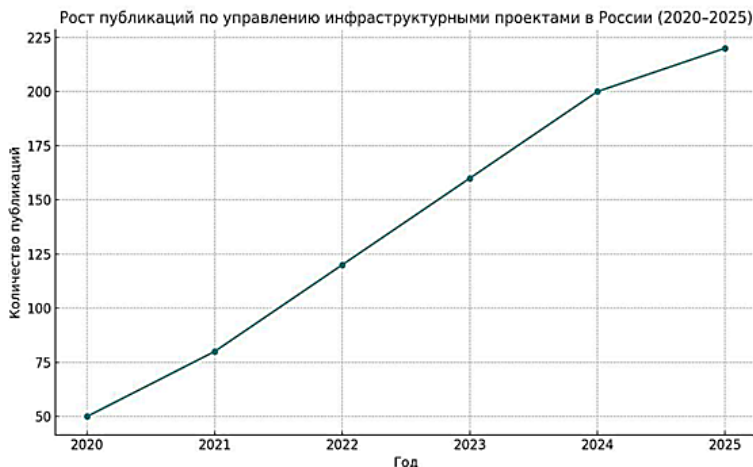


Рис. 1. Динамика публикаций по управлению инфраструктурными проектами в России

В научной литературе существует множество различных определений понятия «Инфраструктурный проект». В табл. 1 приведён сравнительный анализ понятия «Инфраструктурный проект», который показывает, что авторы по-разному расставляют ключевые акценты в зависимости от типа инфраструктурного проекта. Это может привести к методологической неопределённости при анализе, реализации и оценке инфраструктурного проекта.

Таблица 1

**Сравнительный анализ понятия «Инфраструктурный проект»**

| Автор                                         | Определение понятия «Инфраструктурный проект»                                                                      | Ключевой акцент                                    |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Н.А. Пыхов [5]                                | Совокупность отраслей и видов деятельности, обеспечивающих функционирование экономики и общества                   | Функциональный, хозяйственный подход               |
| Н. А. Иванова [4]                             | Организационно-экономическая система, обеспечивающая жизнедеятельность населения                                   | Социально-экономический, региональный аспект       |
| М. В. Михайлов [6]                            | Отрасли общего пользования, создающие условия для частного капитала                                                | Капитал ориентированный, рыночный фокус            |
| С.Б. Жабина [7]                               | Система материальных, институциональных и персональных элементов, выравнивающая условия экономической деятельности | Институциональный подход, территориальное развитие |
| А. Т. Наниев [8]                              | Недвижимые объекты общего пользования, удовлетворяющие социально значимые потребности                              | Правовой подход, публичность                       |
| Государственный стандарт РФ (ГОСТ 57306-2016) | Проект, направленный на развитие объектов инфраструктуры, обеспечивающих функционирование экономики                | Экономико-ориентированный подход                   |

Помимо этого, наблюдаются различия в методологиях оценки эффективности инфраструктурных объектов в России, что приводит к различиям в практике оценки. В табл. 2 приведены основные методологические подходы к оценке инфраструктурных проектов, используемые в России [9].

В результате исследования можно выделить следующие последствия неопределённости понятия «инфраструктурный проект» и методологических подходов к оценке их эффективности:

- сложность сопоставления данных;
- проблемы привлечения инвестиций и финансирования;
- методологические ошибки при оценке эффективности;
- снижение управляемости проекта.

## Методологии оценки инфраструктурных проектов в России

| Название (авторы) методики                                 | Основное содержание                                                                                 | Особенности                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Методика Министерства финансов РФ                          | Акцентирует внимание на финансовых показателях (NPV, IRR)                                           | Оценка влияния проектов на бюджетную систему страны                                                                         |
| Методология UNIDO                                          | Комплексная оценка проектов                                                                         | Включает в себя как финансовые, так и социально-экономические аспекты                                                       |
| Методика оценки государственно-частного партнерства (ГЧП)  | Анализ сравнительных преимуществ ГЧП по сравнению с традиционными формами                           | Особое внимание уделяется распределению рисков между участниками                                                            |
| Методика оценки качества инфраструктурных проектов (IRIIS) | Анализ качества подготовки и реализации инфраструктурных проектов                                   | Подтверждает соответствие проекта стандартам качества, но не является прямой оценкой                                        |
| Методика оценки социально-экономической эффективности      | Данный подход фокусируется на оценке влияния проекта на социальное и экономическое развитие региона | В рамках этой методики анализируются показатели, связанные с улучшением качества жизни населения и экологическими эффектами |

Именно такие последствия наблюдаются из-за методологической неопределенности при анализе, реализации и оценке эффективности инфраструктурных проектов.

В рамках исследования подтвердились выводы ряда российских авторов о том, что традиционные подходы к проектному управлению требуют серьёзной адаптации для инфраструктурных проектов.

Современные вызовы, такие как необходимость цифровизации процессов, интеграция ESG-параметров, управление устойчивым развитием, заставляют пересматривать не только методологию управления, но и саму философию реализации крупных инфраструктурных проектов.

Особые споры вызывает роль ГЧП в инфраструктурных проектах. С одной стороны, оно усиливает инвестиционные возможности, с другой – ставит вопросы о качестве государственного контроля, прозрачности процедур и справедливом распределении рисков.

Кроме того, остаётся дискуссионным вопрос о степени стандартизации процедур в таких проектах: чрезмерная формализация может снижать гибкость управления, а недостаточная – увеличивать вероятность ошибок.

В рамках исследования предлагается ввести рабочее определение, которое будет междисциплинарным, более структурированным и обобщенным. «Инфраструктурный проект – это комплекс организационно-технических, правовых и финансовых мероприятий, направленных на создание, развитие или модернизацию объектов, обеспечивающих функционирование ключевых

сфер жизнеобеспечения и/или экономической активности, реализуемый с участием публичных и/или частных субъектов». Данное определение поможет устранить методологическую неопределенность при анализе, реализации и оценке инфраструктурного проекта.

Проведенный анализ подтвердил, что эффективное управление инфраструктурными проектами требует комплексного подхода, учитывающего их многоуровневую структуру, высокую капиталоемкость и длительные сроки реализации. Выявлены ключевые факторы успешной реализации: качественная подготовка проектной документации, продуманная система контроля рисков, гибкая модель финансирования, использование современных цифровых технологий.

Особую роль играет государственно-частное партнёрство, позволяющее привлекать дополнительные ресурсы и опыт частного сектора. Вместе с тем, без должного регулирования ГЧП может сопровождаться снижением эффективности и рисками потери контроля за проектом.

Анализ российских практик показал: успешные проекты отличает чёткая институциональная организация, наличие компетентной команды управления и постоянный мониторинг внешних факторов.

Эффективное управление инфраструктурными проектами требует комплексного подхода, который сочетает традиционные методы проектного менеджмента и современные технологии. Необходима активная работа по [10]:

- Адаптации методик управления под специфику инфраструктуры;
- Развитию механизмов государственно-частного партнерства;
- Повышению квалификации специалистов в области управления проектами;
- Внедрению цифровых решений для контроля и оптимизации процессов.

Таким образом, повышение эффективности инфраструктурных проектов напрямую связано с совершенствованием методов проектного управления, что подтверждают исследования современных авторов.

### **Литература**

1. Антипов А.И., Орехов В.А. Управление проектами: современные подходы и технологии. – М.: КноРус, 2018.
2. Бутов А.А. Управление рисками в инфраструктурных проектах // Экономика строительства. – 2021. – № 2.
3. ГОСТ Р 54869–2019. Управление проектами. Требования к управлению проектами.
4. Иванова И.А. Социально-экономическая инфраструктура: региональный аспект / Н. А. Иванова. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2014. – 210 с.
5. Пыхов П.А. Инфраструктура как объект экономических исследований / П.А. Пыхов, Т.О. Кашина // Журнал экономической теории. – 2016. – № 1. – С. 39–46. – EDN VOABYT.
6. Михайлов М.В. Социально-экономическая инфраструктура: региональный аспект / Н. А. Иванова. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2014. – 210 с.

7. Жабина С.Б. Институциональная роль инфраструктуры в сервисной экономике / С.Б. Жабина, Т.Д. Егорова // Бизнес. Образование. Право. – 2009. – № 8. – С. 34-39. – EDN LAJDDX.

8. Наниев А.Т. Правовое регулирование объектов инфраструктуры общего пользования / А.Т. Наниев. – М.: Юстицинформ, 2020. – 192 с.

9. Кошкин В.И., Мальцев С.А. Инфраструктурные проекты в России: тенденции и проблемы реализации // Вестник Финансового университета. – 2020. – № 3.

10. Миронов Д.С. Государственно-частное партнёрство в реализации инфраструктурных проектов // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 10.

**О.Б. Портнягина**

**Научный руководитель к.т.н. А.М. Даминова**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ РЕГИОНА**

Современный подход к проектированию составов бетонов и строительных растворов определяет необходимость использования модификаторов различного функционального назначения, в частности противоморозных добавок.

На всей территории России строительство ведется и в зимнее время. Известно, что оптимальной температурой твердения цементных систем, как в гражданском, так и в специальном строительстве считается диапазон от 15 до 20 °С [1]. При низких температурах гидратация цемента замедляется. Проблема интенсификации процессов гидратации и твердения цементных материалов решается по-разному. Одним из вариантов является введение в состав растворов противоморозных добавок.

Подавляющее большинство современных модификаторов для бетонов и строительных растворов обладает полифункциональностью, т. е. одновременно воздействует на ряд химических и физических процессов, протекающих на стадии формирования структуры цементного материала. В настоящее время отечественные и зарубежные производители (Бенотех, Mapei, Yara Norge, Sika, MC-Bauchemie, Полипласт, Биотех, ТКК, Index и др.) предлагают широкий спектр комплексных противоморозных добавок [2].

Целью данного исследования является разработка технологии производства многокомпонентной добавки для зимнего бетонирования с применением вторичных ресурсов региона.

Производство многокомпонентной добавки полифункционального действия представляет собой самостоятельный технологический процесс, который должен быть организован на предприятиях строительной индустрии с соответствующим оборудованием. Для обеспечения качества и стабильности

продукции необходимы весовые и объемные дозаторы, пеносмесительные и вибросмесительные установки, сушильная камера, а также упаковочное и транспортное оборудование. Такое оснащение позволяет точно дозировать компоненты, обеспечивать равномерное смешивание и правильную сушку добавки для получения порошкообразного материала с необходимыми свойствами.

Производственный процесс привязан к источникам энерго- и водоснабжения, что подчеркивает значимость инфраструктурного обеспечения для бесперебойной работы предприятия. Отметим, что организация производства не генерирует производственных отходов, что свидетельствует о его экологической безопасности и рациональном использовании сырья.

Многокомпонентная добавка представляет собой порошкообразный материал серого цвета с насыпной плотностью  $500 \pm 50$  кг/м<sup>3</sup> и влажностью не более 3 %, что важно для обеспечения стабильности и предотвращения слеживания. Показатели активности, такие как увеличение подвижности раствора (не менее 70 %), объем вовлеченного воздуха (9–15 %), и повышение прочности растворов (не менее 30 %), указывают на эффективность добавки в улучшении технологических и эксплуатационных свойств бетонных смесей.

В состав добавки входят:

- микрокремнезем конденсированный (МК) в качестве минерального компонента, обеспечивающий повышение прочности и долговечности.
- сырое сульфатное мыло (ССМ), выступающее как воздухововлекающий компонент, является отходом сульфатной варки древесины. Его пастообразная структура и массовая доля сухого вещества (45–70 %) позволяют эффективно формировать устойчивую пену.
- Криопласт Экстра – пластифицирующий и противоморозный компонент, обеспечивающий удобоукладываемость и противоморозный эффект.
- жидкое натриевое стекло (ЖС) по ГОСТ 13078, стабилизирующее пену при приготовлении многокомпонентной добавки методом сухой минерализации пены.
- вода по ГОСТ 23732 для приготовления водных растворов добавок рабочей концентрации.

Микрокремнезем конденсированный является отходом производства кристаллического кремния Братского завода ферросплавов. Микрокремнезем образуется путем осаждения на четырёх полях электрофильтров системы газоочистки плавильных печей при производстве кристаллического кремния. Микрокремнезем представляет собой ультрадисперсный порошок серого цвета с содержанием диоксида кремния до 96,5 %.

Криопласт Экстра – противоморозная добавка на основе смеси противоморозных компонентов и полиметиленафталинсульфоната натрия, обеспечивающая бетонирование при температуре окружающего воздуха от 0 до -25 °С. Она отвечает требованиям к противоморозным добавкам для «холодных» и «теплых» бетонов по ГОСТ 24211. Добавка Криопласт Экстра выпускается в форме порошка коричневого цвета и водного раствора темно-

коричневого цвета, показатели, качества которых должны соответствовать требованиям ТУ 5745-054-58042865-2010.

Технологический процесс получения многокомпонентной добавки МКД представлен на рис. 1.

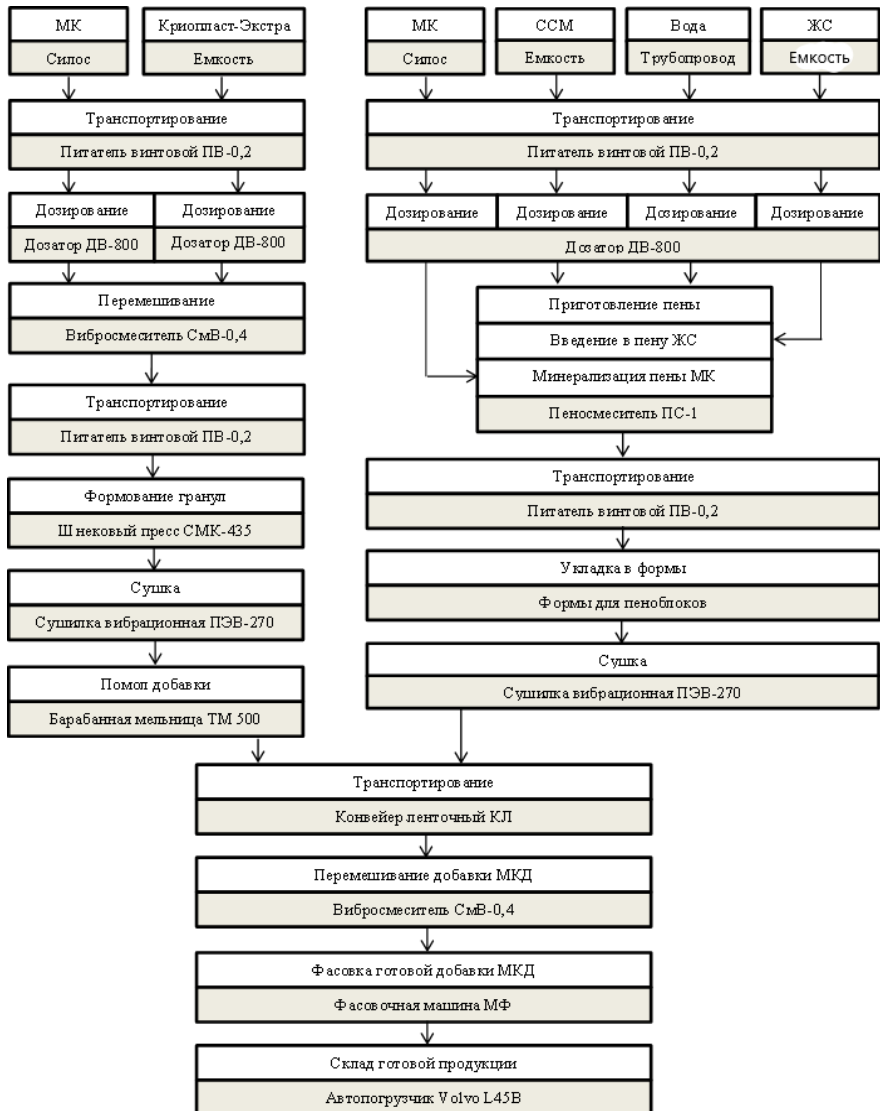


Рис. 1. Технологическая схема производства многокомпонентной добавки

Технологический процесс получения многокомпонентной добавки состоит из следующих стадий:

- доставка сырьевых материалов;
- приемка и складирование сырья;
- приготовление добавки «МК + Криопласт Экстра»;
- приготовление добавки «ССМ + МК»;
- перемешивание компонентов двух добавок «МК + Криопласт Экстра + ССМ + МК»;
- хранение готовой многокомпонентной добавки.

Приготовление добавки «МК + Криопласт Экстра». Данные добавки перемешивают при заданном соотношении компонентов. Далее с помощью шнека формируют гранулы. Сушку добавки проводят при температуре 60–70 °С до постоянной массы. Перед использованием добавку измельчают.

Приготовление добавки «ССМ + МК». Из воздухововлекающей добавки ССМ готовится водный раствор определенной концентрации и взбивается в пену. Жидкое стекло в количестве 15 % от массы раствора воздухововлекающей добавки ССМ вводится в пену при постоянном перемешивании. В данном случае жидкое стекло стабилизирует пену и не дает ей оседать. Далее вводится тонкодисперсное вещество – микрокремнезем. Минерализованная пена сушится в формах до постоянной массы. После сушки добавка самопроизвольно распадается и представляет собой порошок с меньшей удельной поверхностью по сравнению с исходным микрокремнеземом.

После помола добавки «МК + Криопласт Экстра» и сушки добавки «ССМ + МК» происходит процесс перемешивания двух составляющих в вибросмесителе для получения готовой противоморозной многокомпонентной добавки МКД. Складирование готовой продукции осуществляется в сухих, закрытых помещениях в упакованном виде.

Исследование показало, что рентабельность производства многокомпонентной добавки для зимнего бетонирования с применением вторичных ресурсов региона, имеет высокий потенциал для развития. Регион обладает огромными запасами вторичных отходов производства, необходимых для производства добавки, таких как отходы сульфатной варки древесины, микрокремнезем и другие сырьевые компоненты. Это позволяет снизить затраты на поставку и обработку сырья, что в свою очередь способствует увеличению рентабельности производства. Важным аспектом является также близкое расположение ресурсов к производственной базе, что уменьшает временные и транспортные издержки. Таким образом, развитие производства многокомпонентной добавки для зимнего бетонирования с применением вторичных ресурсов региона может стать эффективным инвестиционным проектом с высокой степенью доходности.

### Литература

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд. АСВ, 2007. 528 с.
2. Семенов В.С. Противоморозные добавки для облегченных цементных систем // Строительные материалы, май 2011. – С. 16–19.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА**

Цифровизация строительной отрасли обуславливает необходимость внедрения систем контроля качества готовой продукции

Современное развитие строительной отрасли невозможно представить без активного внедрения цифровых технологий. Стремительный прогресс информационных систем, автоматизации и искусственного интеллекта создает новые возможности для повышения эффективности, прозрачности и надежности процессов. Одной из ключевых сфер, где цифровизация может значительно улучшить результаты, является контроль качества готовой продукции. В данной статье рассмотрены причины необходимости внедрения цифровых систем контроля качества, а также основные направления и преимущества такого подхода[1].

Строительная отрасль традиционно характеризуется высокой степенью сложности и большим количеством участков, что создает риски возникновения ошибок, недочетов и несоответствий стандартам. Недостаточный контроль качества продукции на различных этапах производства и сдачи объектов ведет к:

- увеличению затрат на исправление дефектов;
- снижению долговечности и безопасности построенных объектов;
- возникновению претензий со стороны заказчиков и штрафных санкций;
- ухудшению репутации компаний.

В эпоху цифровых технологий эти проблемы можно решать более эффективно, внедряя системы автоматизированного мониторинга, анализа и управления качеством.

Изучив основные направления цифровизации контроля качества, можно выделить несколько видов:

### **1. Интернет предметов и сенсорные системы.**

Использование датчиков для постоянного мониторинга параметров продукции (например, влажности, температуры, прочности) в реальном времени позволяет своевременно выявлять отклонения от стандартов и предотвращать возникновение дефектов (рис. 1).

### **2. Облачные платформы и системы управления данными.**

Централизованные системы хранения и обработки данных обеспечивают прозрачность и доступность информации о качестве продукции на всех этапах производства и эксплуатации (рис. 2). Это упрощает анализ и принятие решений.



Рис. 1. Передача данных датчиков

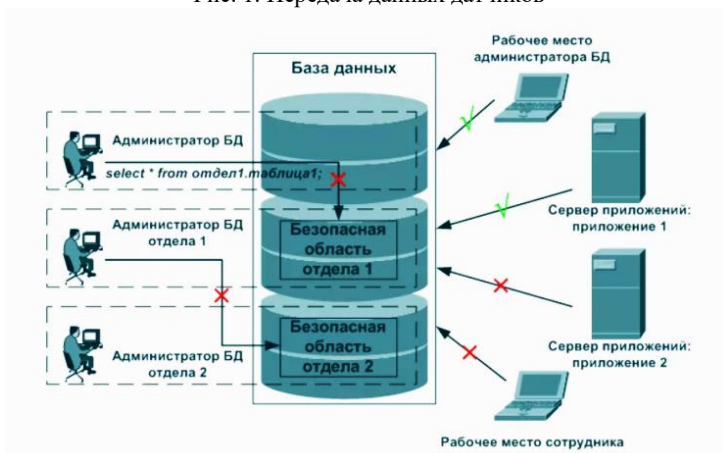


Рис. 2. База данных

### 3. Машинное обучение и искусственный интеллект.

Анализ больших объемов данных с помощью алгоритмов искусственного интеллекта помогает выявлять закономерности, предсказывать возможные дефекты и автоматизировать процессы оценки соответствия продукции нормативам на каждом уровне (рис. 3).

### 4. Цифровая документация и BIM-технологии.

Использование цифровых моделей зданий и сооружений (BIM) позволяет заранее планировать контрольные точки и автоматизировать проверочные процедуры, а также обеспечивать прозрачность и отслеживаемость всех событий (рис. 4).

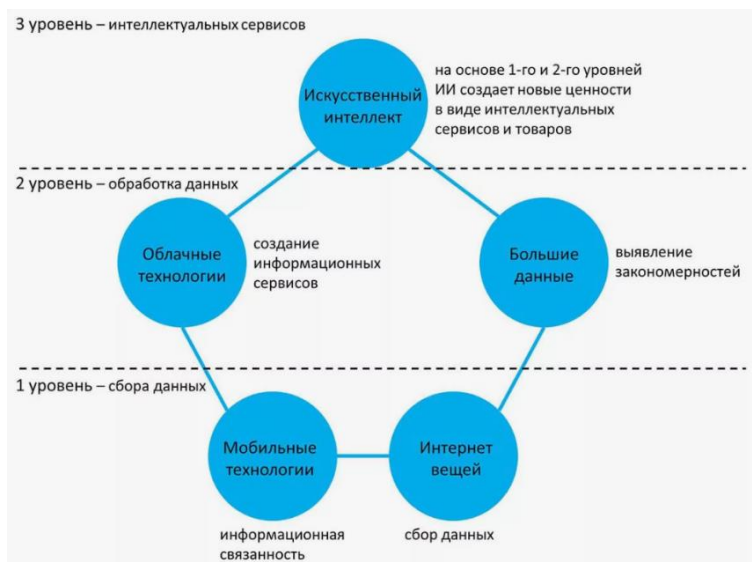


Рис. 3. Уровни искусственного интеллекта



Таким образом, можно сказать, что цифровизация строительной отрасли – это не только модный тренд, но и необходимость для повышения конкурентоспособности, эффективности и безопасности. Внедрение систем автоматизированного контроля качества готовой продукции способствует снижению рисков, повышению надежности объектов и повышению доверия со стороны заказчиков. В условиях быстро меняющихся технологий и требований рынка, строительные компании, которые решат интегрировать цифровые решения в процессы контроля качества, смогут добиться значительных преимуществ и обеспечить долгосрочный успех.

### Литература

1. Васильев В.А., Александрова С.В. Цифровые технологии в управлении качеством// Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. Вып. 10 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovyye-tehnologii-v-upravlenii-kachestvom/viewer> (дата обращения: 17.04.2025).
2. Как цифровая система контроля качества продукции влияет на клиентский опыт. Вебинар [Электронный ресурс]. – URL: <https://vmeste.severstal.com/announcements/kak-tsifrovaya-sistema-kontrolya-kachestva-produktsii-vliyaet-na-klientskiy-opyt> (дата обращения: 17.04.2025).

**В.С. Скабелкин**

**Научный руководитель доцент В.М. Камчаткина**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

### СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ МНОГОПРОЛЕТНОЙ БАЛКИ

Для нагруженной балки необходимо решить следующие задачи: сформировать расчетную плоскую стержневую конечно-элементную модель и получить компоненты напряженно-деформированного состояния модели двумя методами, после чего сравнить результаты, полученные при расчете балки вручную и с помощью программного комплекса «SCAD++».

Расчетная схема системы и характер внешней нагрузки нагруженной балки представлены на рис. 1 [1].

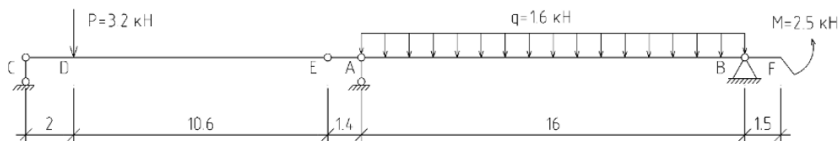


Рис. 1. Расчетная схема многопролетной балки

## Традиционный вариант расчёта балки

1) Проведем кинематический анализ

$W = 3D - 2Ш - C_{on} = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 1 - 4 = 0$  – Система может быть геометрически неизменяемой.

Диск EADF крепится к земле с помощью трех правильных опорных стержней. К полученной системе крепится диск CDE с помощью шарнира E и стержня в точке C, ось которого не проходит через центр шарнира. Следовательно, система является геометрически неизменяемой.

2) Составим схему взаимодействия элементов балки или поэтажную схему. Основная балка передает давление от всех действующих на нее нагрузок через опоры полностью на основание или землю. В результате получим второстепенную балку I и основную балку II (рис. 2).

3) Определим реакции опор каждой из балок, после чего разобьем обе балки на силовые участки (рис. 3) и методом сечений определим Q и M на каждом из них.

4) Построим эпюры поперечных сил Q и изгибающих моментов M (рис. 4).

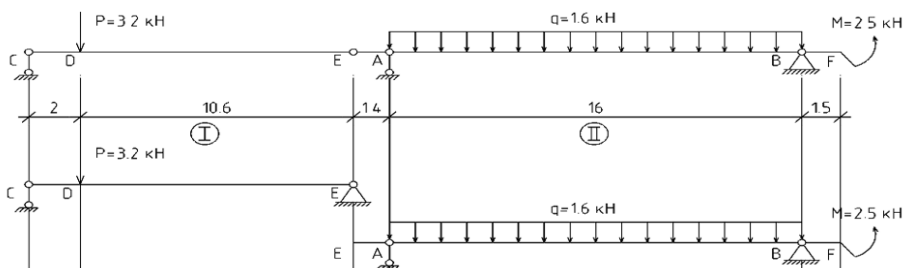


Рис. 2. Поэтажная схема многопролетной балки

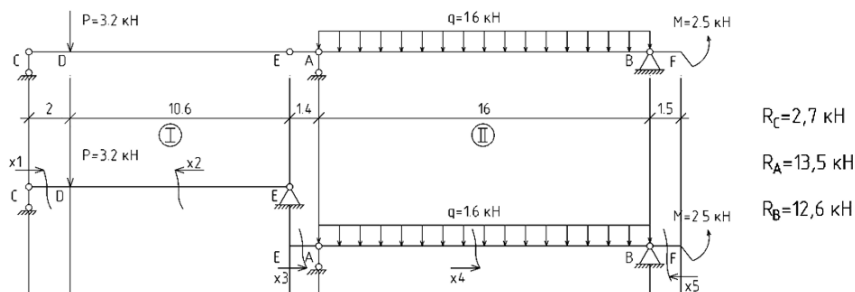


Рис. 3. Поэтажная схема балки, разбитая на участки

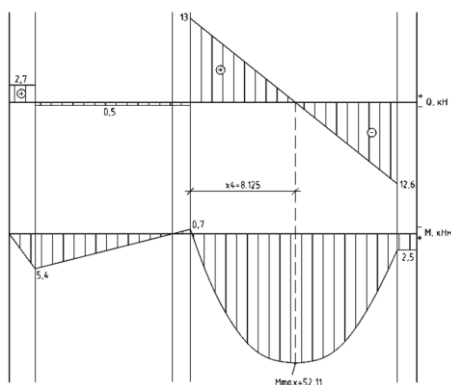


Рис. 4. Эпюры поперечных сил Q и моментов M

### Вариант решения с помощью программы «SCAD++»

Для того, чтобы сформировать расчетную схему, зададим координаты узлов балки и соединим их с помощью стержней (рис. 5) [2].



Рис. 5. Геометрическая схема конструкции

Для проведения расчета в SCAD++ необходимо задание жесткостей элементов. Выберем, к примеру, бетон тяжелый В30, затем зададим тип поперечного сечения – сплошное прямоугольное, размеры которого:  $b = 100$ ,  $h = 100$ .

Следующим действием зададим опорные связи, установив в первом и четвертом узле шарнирно-подвижные опоры, и шарнирно-неподвижную опору в пятом узле (рис. 6).

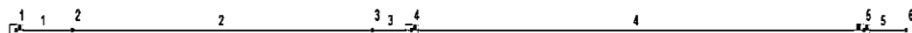


Рис. 6. Геометрическая схема конструкции с опорными связями

Далее установим шарнир в третьем узле (рис. 7).



Рис. 7. Геометрическая схема конструкции с установленными опорными связями и шарниром

После задания опор, жесткостей и шарниров мы можем приступить к заданию загрузки, в которое войдут три вида нагрузок: сосредоточенная сила, изгибающий момент и распределенная сила (рис. 8).



Рис. 8. Расчетная схема многопролетной балки, сформированная в SCAD++

Следующим действием выполняем расчет, в результате которого, мы сможем увидеть, построенные программой эпюры изгибающих моментов (рис. 9), эпюру поперечных сил (рис. 10) и рассчитанные реакции опор (рис. 11).



Рис. 9. Эпюра изгибающих моментов  $M$

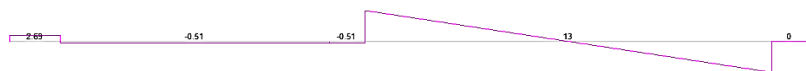


Рис. 10. Эпюра поперечных сил  $Q$

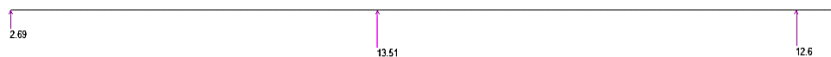


Рис. 11. Геометрическая схема, с указанными на ней реакциями опор

Расчёты программы SCAD++ подтвердили совпадение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил с ручными расчётами, доказав высокую точность и надежность метода. Использование специализированного ПК SCAD++ существенно сокращает время на проектирование, упрощает анализ напряжённо-деформированного состояния конструкций и минимизирует риск ошибок, повышая общую эффективность проектирования.

## Литература

1. Альбакасов А.И., Кудина Л.И., Гаврилов А.А. Строительная механика. Статически определимые системы. Часть 1. Учебное пособие. Москва «Высшая школа», 1986.
2. Семенов А.А., Маляренко А.А., Порываев И.А., Нафиков К.Д., Вычислительный комплекс SCAD в строительном вузе (примеры и задачи): учебное пособие. Москва: Изд-во АСВ, 2024.

## **ОБЗОР МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ ОБЪЕКТОВ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

Монолитное железобетонное строительство является одной из наиболее динамично развивающихся сфер строительной отрасли. В современных условиях возрастает необходимость перехода на надежные скоростные технологии, обеспечивающие не только качество и надежность конструкций, но и энергоэффективность возводимых объектов. Качество монолитных работ зависит от соблюдения технологий на всех этапах возведения конструкций. Контроль качества необходим для обеспечения безопасности, надёжности и долговечности возводимых объектов.

Анализ дефектов монолитных объектов показал, что основные нарушения в процессе осуществления монолитных работ следующие [1]:

1. Низкое качество составов: очень частое нарушение, т. к. многие компании пытаются сэкономить и снизить свои затраты на закупку материалов. Но это может привести к серьезным последствиям в дальнейшем.

2. Неправильное армирование – достаточно распространенный дефект строительных конструкций, вследствие экономии времени рабочих, снижения количества арматуры и, соответственно, стоимости.

3. Отсутствие уплотнения или его неправильное выполнение. В результате чего возникает пористость материала, существенно снижаются прочностные характеристики, бетон разрушается под внешними нагрузками.

4. Неправильный уход в течение периода твердения. В жаркую погоду влага испаряется намного быстрее и после полного высыхания материала процесс набора прочности прекращается. Излишняя влага от дождей, также негативно влияет на прочность монолитной конструкции. Если не был обеспечен полноценный уход, то конструкция не может выдерживать повышенные нагрузки, начинает крошиться и разрушаться со временем.

Помимо вышеперечисленных нарушений, встречаются и другие дефекты: не выдержан защитный слой, произошел выход арматуры, серьезная усадка бетона, деформация отдельных участков и т. д. Чтобы избежать их возникновения, необходимо обеспечить контроль на всех этапах монолитных работ.

Контроль качества монолитных работ включает несколько этапов [2]:

1. Входной контроль материалов: проверяется качество поступающих на строительную площадку материалов (цемента, заполнителей, арматуры, добавок) в соответствии с требованиями нормативных документов и проектной документации.

2. Операционный контроль: осуществляется непосредственно в процессе производства монолитных работ. Включает проверку точности размеров и геометрии опалубки, правильности установки и закрепления арматуры, соблюдения технологических режимов приготовления и укладки бетонной смеси, качества уплотнения и вибрирования бетона, а также температурно-влажностного режима при выдерживании бетона.

3. Приёмочный контроль: проводится после завершения монолитных работ. Включает визуальный осмотр бетонных поверхностей на предмет трещин, сколов, раковин и других дефектов, испытания прочности бетона неразрушающими методами (ультразвуковой, склерометрический и др.), испытания на водонепроницаемость, морозостойкость и другие специальные виды испытаний, контроль геометрических отклонений от проектных значений.

Методы оценки качества работ при возведении монолитных объектов с учетом требований энергоэффективности включают комплексный подход, сочетающий контроль технологических процессов, использование современных инструментов и нормативных требований. Ниже представлен обзор основных методов контроля работ [3]:

1. Визуальный и технологический контроль включают проверку соблюдения технологических процессов (правильности армирования, маркировки и укладки бетонных смесей) и контроль качества материалов (соответствие маркировки и характеристик проектной документации).

2. Контроль геометрии и качества армирования: использование измерительных инструментов (лазерные уровни, рулетки, датчики положения) для проверки размеров и расположения арматуры.

3. Неразрушающие методы контроля, включающие ультразвуковой контроль для определения качества бетона и выявления внутренних дефектов, а также радиолокационный метод (GPR) для оценки расположения армирования и выявления пустот. Неразрушающий контроль (например, ультразвуковое тестирование) позволяет выявлять внутренние дефекты бетона и армирования без разрушения конструкции, обеспечивая высокоточный мониторинг качества.

4. Контроль плотности и однородности бетона включает использование методов ультразвукового тестирования для определения однородности и плотности бетонных элементов.

5. Временные и температурные параметры: мониторинг температуры и влажности воздуха и внутри бетонных элементов для предотвращения трещинообразования и обеспечения оптимальных условий твердения.

6. Испытания на прочность включают проведение пробного бетонирования и испытаний образцов бетона по стандартам (например, по ГОСТ или ASTM).

7. Оценка энергоэффективности предполагает анализ теплотехнических характеристик монолитных элементов с учетом утеплительных слоёв и конструктивных решений, а также использование компьютерных моделей и теплотехнического моделирования для оценки энергосбережения.

8. Использование автоматизированных систем контроля включает внедрение систем автоматического мониторинга процесса бетонирования, вибрирования, твердения и программное обеспечение для сбора и анализа данных о качестве работ.

9. Соответствие нормативным требованиям и стандартам предусматривает проверку выполнения требований СП, ГОСТ, международных стандартов по качеству и энергоэффективности.

10. Аудит и приемка: проведение комплексной оценки выполненных работ специалистами и независимыми экспертами перед сдачей объекта.

Использование автоматизированных систем мониторинга включает в себя датчики, системы сбора данных и программное обеспечение для постоянного контроля технологического процесса и быстрого реагирования на отклонения.

Теплотехническое моделирование и расчет энергоэффективности помогает заранее оценить соответствие конструкций требованиям энергоэффективности и оптимизировать конструкции на этапе проектирования и строительства.

Для контроля качества монолитных работ также широко используются [4]:

1. Рентгенографический контроль. Применяется для выявления внутренних дефектов (пустоты, расслоения, трещины).

2. Ультразвуковой контроль. Основан на использовании УЗИ-волн для определения прочности и однородности бетона.

3. Тепловой контроль. Путем измерения температуры поверхности бетона обнаруживает в толще монолита пустоты, трещины и другие скрытые дефекты.

Эффективное сочетание этих методов обеспечивает высокое качество монолитных конструкций и соответствует требованиям энергоэффективности, что является важным аспектом современного строительства.

### Литература

1. Фомичев В.М. Контроль технологических процессов при строительстве монолитных железобетонных конструкций / В. М. Фомичев. – М.: Наука, 2015. – 180 с.
2. Горбачёв В.В. Методы контроля качества бетонных и железобетонных конструкций / В.В. Горбачёв. – М.: Стройиздат, 2010. – 352 с.
3. Сидоров А.И. Контроль качества строительных материалов и конструкций // Вестник строительной науки. – 2018. – № 3. – С. 45–52.
4. Павлов А.В. Современные методы контроля качества бетонных конструкций / А.В. Павлов. – Екатеринбург: УрГГПУ, 2019. – 198 с.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА УСИЛИЙ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ ФЕРМАХ**

В данной работе представлен сравнительный анализ методов расчета статически определимой фермы трапециевидной формы, выполненных традиционным методом расчёта строительной механики и с помощью современного комплекса SCAD Online. Изучена процедура подготовки расчетной схемы, проведены исследования процессов вычислений, выявлены особенности обоих подходов и дана оценка точности получаемых результатов. Работа направлена на обоснование возможностей и областей применения каждого из методов расчета.

В современном проектировании строительных конструкций особую роль играют точные расчеты усилий в элементах конструкций, гарантирующие надежность и долговечность возводимых объектов. Особое внимание уделяется изучению ферменных конструкций, занимающих центральное место в промышленном и жилищном строительстве. Их правильная оценка требует тщательного изучения и выбора подходящего метода расчета.

Среди множества существующих подходов выделяются два главных метода: классический ручной расчет, основанный на законах строительной механики, и современный автоматизированный подход, осуществляемый с помощью специализированных программных комплексов, таких как SCAD Online. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и ограничения, знание которых критически важно для практикующего инженера.

Цель данной работы – всесторонне проанализировать оба метода расчета усилий в статически определимых фермах, выявить особенности и возможности каждого из них, а также подтвердить достоверность и воспроизводимость результатов. Такой подход позволит выработать эффективные стратегии расчета, подходящие для широкого спектра инженерных задач. Параметры рассчитываемой фермы

Изучаемая ферма характеризуется следующими параметрами:

- пролет фермы  $L = 18$  м;
- высота фермы  $H = 3,5$  м;
- количество элементов нижнего пояса  $n = 6$ ;
- сосредоточенная нагрузка  $F = 2$  кН (прикладываемая к верхнему поясу фермы).

Методология ручного расчета[1].

Первым шагом ручного расчета является определение реакций опор фермы. Учитывая симметрию конструкции и наличие равных нагрузок, горизонтальная реакция равна нулю, а вертикальные реакции определяются следующим образом:

$$R_A = R_B = \frac{5P}{2} = 2,5 = 5 \text{ кН.}$$

Затем производится вычисление усилий в элементах фермы методом вырезания узлов, позволяющим последовательно решать уравнения равновесия для каждого узла и определять продольные усилия.

Расчет с использованием SCAD Online [2].

Процедура расчета в SCAD Online проходит следующим образом:

1. Генерируется начальная сетка фермы на основе указанных размеров.
2. Устанавливаются граничные условия, фиксируются позиции опор.
3. Прикладываются нагрузки на верхний пояс фермы.
4. Проводится расчет, результатом которого становятся графики распределения усилий и деформация конструкции.

### Результаты расчетов

В результате проведенных расчетов были получены следующие показатели (рис. 1, 2):

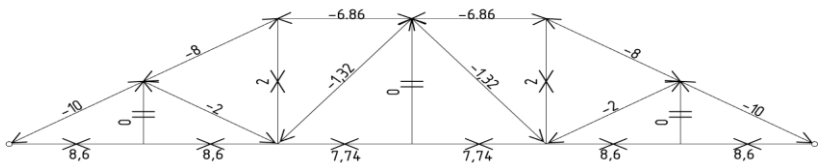


Рис. 1. Результаты расчета усилий в элементах фермы, выполненные вручную методом вырезания узлов

*Примечание:* Положительные значения соответствуют растягивающим усилиям, а отрицательные – сжимающим

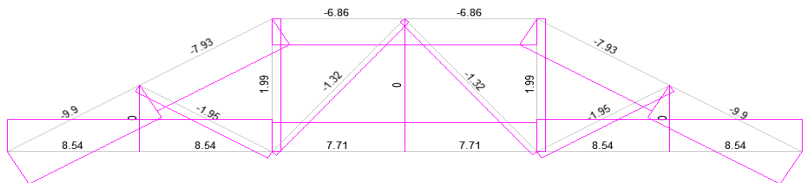


Рис. 2. Результат расчета фермы в SCAD Online

*Примечание:* Цветовая шкала показывает распределение растягивающих (+) и сжимающих (-) усилий в элементах фермы

Программный комплекс SCAD используется для проверки аналитического решения и оценки реальных изменений в форме конструкции под нагрузкой. Полученная схема деформации наглядно отражает поведение фермы в условиях эксплуатации (рис. 3).

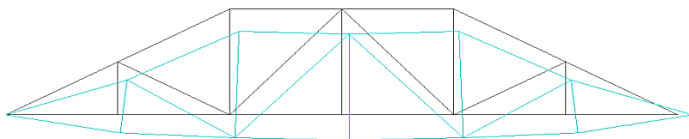


Рис. 3. Схема деформации фермы, рассчитанная в SCAD.

*Примечание:* черный цвет – геометрия фермы,  
синий цвет – деформированное состояние

Метод, рассмотренный в данной работе, универсален и применим к различным конструкциям. Его использование позволяет эффективно и точно рассчитывать необходимые характеристики ферм на этапе проектирования, обеспечивая надежность и безопасность строительных объектов.

### Литература

1. Дудина И.В. Строительная механика: методические указания для самостоятельной и контрольные задания. Строительство-Братск: ФГБОУ ВО «Братск», 2020. – 34 с.
2. SCAD Office-комплексное решение для прочностного анализа и проектирования конструкций [Электронный ресурс]. URL: <https://scadsoft.com/>.

**А.А. Шалыгина**

**Научные руководитель к.п.н, доцент Л.А. Кульгина**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНЕТАРИЯ В ГОРОДЕ БРАТСКЕ

Социально-культурное развитие Братска включает в себя разнообразные аспекты, от спортивных достижений до культурных мероприятий и образовательных учреждений. В Братске есть множество культурных учреждений, таких как драматический театр и архитектурно-этнографический музей «Ангарская деревня», дома культуры и кинотеатры. Строительство планетария позволит разнообразить досуг горожан, предложив современное пространство для отдыха, обучения и развлечений. В том числе, благодаря современному оборудованию, планетарий повысит интерес молодёжи к науке.

Проектируемое здание планетария представляет собой отдельно стоящий трёхэтажный объём купольной формы с подвальным помещением технического назначения и пространством для прокладки инженерных коммуникаций. Диаметр здания составляет 33 м. Строительство предполагается на территории парка Тысячелетия г. Братска [1, 2].

Строительство планетария позволит разнообразить досуг горожан, предложив современное пространство для отдыха, обучения и развлечений.

Ключевая идея проекта заключается в эффектном сочетании футуристического объекта и природного ландшафта – «посадке» летающей тарелки в пространство зимнего сада.

Проект планетария сочетает культурно-развлекательные, образовательные и эстетические функции.

Проектируемое здание имеет две несущие конструкции:

- наружная – купол, ограждающий внутренний объём от внешней среды;
- внутренняя – основными несущими конструкциями, которой являются колонны и клеёная перекрёстно-балочная система.

Подземная часть здания (подвал) состоит из несущей системы, включающей стены подвала из сборных железобетонных блоков ФБС, монолитных колонн и ребристых железобетонных плиты перекрытия,

Купол состоит из деревянных полуарок, скрепляющихся в центральной верхней части с помощью металлического кольца и жёстко прикреплённых к плите перекрытия в основании. Купольная форма здания не только создаёт эстетический эффект, но и способствует максимальной энергоэффективности: солнечные лучи естественным образом нагревают помещения, а применение энергосберегающего стекла минимизирует теплопотери [3].

Деревянная перекрёстно-балочная система перекрытия между этажами опирается на деревянные колонны. На втором этаже предусмотрены разноуровневые колонны и перекрытия (рис. 1). Такая конструкция не только увеличивает пространство первого этажа, но и обеспечивает уклон для кинозала и лекционной аудитории.

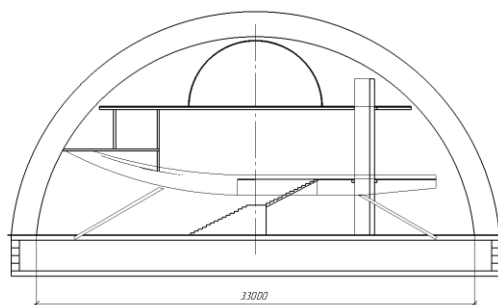


Рис. 1. Разрез подкупольного пространства проектируемого здания

Покрывание купола выполнено из стеклопакетов, что обеспечит необходимую теплозащиту и микроклимат в помещении с прекрасной инсоляцией;

Элементы лестничных клеток – деревянные, междуэтажные площадки опираются на дополнительные стойки.

Перегородки – гипсокартонные, толщиной 100 мм, в местах с дополнительной звукоизоляцией, увеличена толщина до 160 мм.

Основной материал несущих конструкций – клеёная древесина.

Планетарий имеет 2 сложные несущие системы – трёхшарнирная арка, состоящая из двух полуарок и изогнутая армированная балка перекрытия. Для расчёта таких сложных конструкций эффективнее использовать программные комплексы, такие как ЛираСапр, STARK ES, SCAD Office. С помощью этих программ, можно произвести статический и динамический расчёт строительных конструкций, учесть все виды нагрузок с учётом актуальных коэффициентов. Однако, ЛираСапр имеет более простой интерфейс и проста в изучении. В связи с этим фактором, делаем расчёт конструкций в программе ЛираСапр. Особенность расчёта арки предусматривает учёт коэффициента при сборе снеговой нагрузки (СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия), а ветровая нагрузка на купол не учитывается.

### **Планировка здания:**

- *Первый этаж* включает зоны общественного питания, зимний сад и детскую развлекательную площадку (рис. 1).
- *Второй и третий этажи* отведены под образовательные функции: здесь расположены лекционная аудитория и кинозал с лежащими местами (рис. 2).
- *Третий этаж* полностью предоставлен планетарию с залом Коперника (рис. 3).

В таком здании будет находиться просторно, зимний сад станет визитной карточкой проекта и обеспечит прогулочную зону для горожан даже в зимнее время. Благодаря необычной форме, увеличится эстетическая привлекательность города, что поможет развивать территорию Парка Тысячелетия, которая на состояние 2025 года неблагоустроена.

### **Доступность для МГН.**

Проект оборудован всем необходимым для удобства перемещения маломобильных групп населения в нём в соответствии с СП 59.13330.2020. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения[4].

Предусмотрены парковочные места (3 м/м), пандусы, подъёмник с автоматическим речевым оповещателем и переговорным устройством с отображением визуальной информации, отдельные санитарные узлы, ширина проходов в здании не менее 1400 мм, ширина дверных проёмов не меньше 900мм, места отдыха, тактильно-контрастные наземные указатели, контрастная маркировка, напольная фотолюминесцентная разметка, тактильные мнемосхемы, тактильно-звуковые пиктограммы, информационные терминалы для всех маломобильных групп населения.

Таким образом, проект сочетает инновационные архитектурные решения, экологичность и многофункциональность, отвечая потребностям современных жителей Братска.

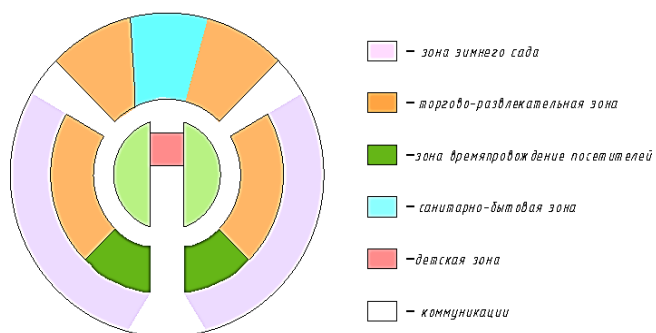


Рис. 1. Функциональная схема первого этажа

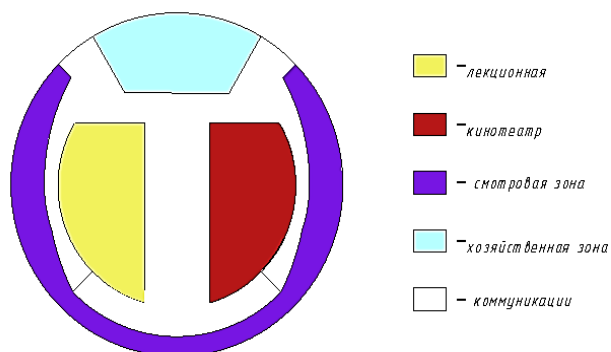


Рис. 2. Функциональная схема второго этажа

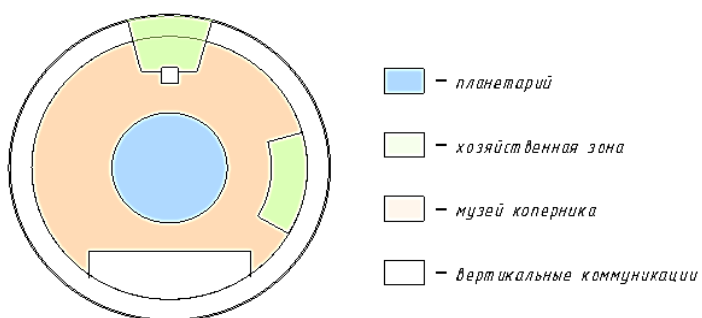


Рис. 3. Функциональная схема третьего этажа

## Литература

1. Парк тысячелетия // Типичный Братск. URL: [https://vk.com/wall-37435265\\_297409](https://vk.com/wall-37435265_297409) (дата обращения: 14.04.2025).
2. Электронный справочник с картами городов: 2ГИС. [Электронный ресурс] / Электронные справочники и карты. URL: <https://clck.ru/3Ldvrs4> (дата обращения: 14.04.2025).
3. Научно-исследовательская лаборатория экспериментального проектирования жилых и общественных зданий Одесского инженерно-строительного института. Рекомендации по проектированию планетариев и массовых астрономических обсерваторий. [Электронный ресурс] // URL:<https://djvu.online/file/fOB8UigGWZcyJ> (дата обращения: 07.04.2025).
4. СП 59.13330.2020. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_) (дата обращения: 16.04.2025).

**Д.А. Шестакова**

**Научный руководитель к.пед.н., доцент Л.А. Кульгина**

*ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», г. Братск*

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КИНОТЕАТРА ИЗ КЛЕЁНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В г. КУРГАНЕ**

Развитие культурно-развлекательной сферы предполагает несколько ключевых задач: обеспечение разнообразия и доступности культурных мероприятий и развлечений для всех слоев населения, стимулирование творческой активности и самореализации личности, укрепление культурной идентичности и традиций, а также повышение уровня культуры и образованности. Учитывая это, строительство кинотеатра в г. Кургане является актуальным.

Здание относится к сооружениям, которые должны бросаться в глаза, дабы повысить свою конкурентоспособность в рыночной среде. Внешне необходимо придать архитектурную выразительность, подчеркнуть отличие от форм окружающей застройки. Кинотеатр, несомненно, должен выделяться по сравнению с окружающими зданиями. Внешне, здание должно оказывать положительное эстетическое и психологическое действие на человека.

Климатический район IIВ, с расчетной температурой наружного воздуха  $-26^{\circ}\text{C}$  [1]. Температура наружного воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,92 составляет  $-31^{\circ}\text{C}$ , а температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 составляет  $-26^{\circ}\text{C}$ . Абсолютная минимальная температура  $-39^{\circ}\text{C}$

Среднемесячная относительная влажность воздуха составляет 55 %, а зона влажности – нормальная. Глубина промерзания грунтов составляет

1,4 м. Ветровой район II. Давление ветра 0,30 кПа. Преобладающее направление ветра за декабрь – февраль ЮЗ.

Снеговой район III. Вес снегового покрова – 1,0 кг/м<sup>2</sup>. Суточный максимум атмосферных осадков – 71 мм.

Для определения инженерно-геологических условий строительства на площадке были пробурены 3 скважины, глубинами до 12 м. При бурении выявлены следующие грунты:

- 1) растительный слой – мощность колеблется от 0,4 до 0,6 м;
- 2) глина полутвердая – мощность слоя от 1,4 до 1,8 м;
- 3) глина тугопластичная – мощность слоя от 1,6 до 2,2 м;
- 4) песок средней крупности – мощность слоя от 1,9 до 2,5 м;
- 5) песок гравелистый – мощность слоя от 2,3 до 2,7 м;
- 6) супесь пластичная – мощность слоя бурением не установлена.

Грунтовые воды обнаружены в пятом слое, в песке. Отметка грунтовых вод 169,8 м. глубина залегания 7.3 м. Геологические изыскания проводились в период наибольшего уровня грунтовых вод.

Кинотеатры круглогодичного действия следует, как правило, размещать в общественных центрах населённого пункта, при этом архитектурное решение здания кинотеатра должно способствовать формированию ансамбля общественного центра.

Размеры площади земельного участка кинотеатра принимают в соответствии со СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [2]. При планировке земельного участка кинотеатра предусматривают площадки перед входом и выходом из него из расчета 2.1 м<sup>2</sup> на одно место в зале, газоны и площадки для отдыха зрителей, проезды и пешеходные дороги, которые увязывают с сетью улиц и дорог общественного центра. Также предусматривают искусственное освещение дорог и площадок для стоянки легкового автотранспорта. Вокруг здания устраивается бетонное покрытие на щебеночном основании.

Кинотеатр находится на северо-западе г. Курган, на свободной от застроек площади острова на озере Стакан (рис. 1). Рельеф спокойный характеризующийся отметками 177,0 – 177,2. К северу и югу от кинотеатра располагаются территории, предназначенные под застройку, проезд к острову проходит через Курган-парк. Для проезда к зданию используются дорога с шириной 12 м. Вдоль дорог проложены пешеходные тротуары шириной 1,0–1,5 м. Все подъезды и подходы заасфальтированы, автомобильные дороги кольцеваны.

Технико-экономические показатели генерального плана:

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Площадь застройки      | 0,28 га; |
| Площадь территории     | 0,81 га; |
| Площадь озеленения     | 0,17 га; |
| Площадь дорог          | 0,24 га; |
| Площадь тротуаров      | 0,12 га; |
| Коэффициент озеленения | 0,21.    |

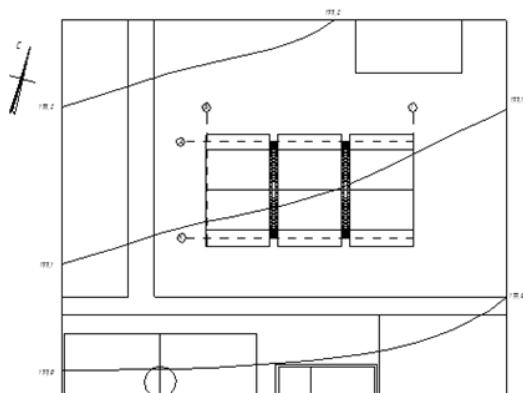


Рис. 1. Топография района строительства

В здании имеются помещения с повышенными звукоизоляционными требованиями: танцевальный зал, помещения для занятий музыкой, репетиционные залы. В данных помещениях проводятся работы по дополнительной шумоизоляции.

Фойе освещается естественным светом. Освещение осуществляется за счёт большой площади окон на торцевой стене здания. Естественное освещение улучшает психологическое ощущение внутри здания и придаёт архитектурно-эстетическую выразительность внутреннему интерьеру.

Расположение помещений внутри здания кинотеатра условно можно разделить на три зоны:

- первая зона несёт в себе развлекательные функции. В неё входят фойе, танцевальный зал, кафе, бильярдная, зал игровых автоматов, фотосалон.
- вторая зона включает в себя зрительный зал с эстрадой, киноаппаратная на 3 проектора, радиоузел и вентиляторы.
- третья зона включает клубные комнаты, которые предназначены для обеспечения культурного досуга молодёжи.

Из зрительного зала предусмотрены два эвакуационных выхода выполненные в соответствии с требованиями по пожарной безопасности.

Конструктивные решения приняты в соответствии с требованиями условий технологии, высотами этажей и нагрузками на перекрытия. Конструктивная схема здания – бескаркасная с продольными и поперечными несущими стенами. Устойчивость здания обеспечивается совместной работой кирпичных стен и железобетонных плит перекрытия.

В качестве конструкции покрытия используются стрельчатая арка. Арки шарнирно опираются на монолитные фундаменты. Пространственная жёсткость покрытия обеспечивается горизонтальными и вертикальными связями по периметру арки.

Под арки устраивается монолитный фундамент с размером подошвы 180×300 см. Под зрительным залом устраивается отдельный фундамент с размерами в плане 120×120 см. Фундаменты устанавливаются с шагом 6 м.

Ленточные фундаменты изготовлены из тяжелого бетона класса В-15. Ширина подошвы составляет 120 см.

Перегородки – являются внутренними ограждающими конструкциями и служат для разделения помещений и их звукоизоляции. В здании применены перегородки из облицовочного керамического кирпича. Такие перегородки относятся к несгораемым, предел их огнестойкости равен 4 часам. Эти перегородки крепят к стенам здания в 3-х уровнях с помощью ершей, забиваемых в деревянные пробки, заложенные в стены. К вышележащему перекрытию перегородки крепят через 1,5 м с помощью ершей, забиваемых в деревянные пробки.

В здании кинотеатра для перекрытий приняты железобетонные многопустотные плиты толщиной 220 мм. При монтаже перекрытий из многопустотных панелей швы между панелями замоноличивают цементным раствором, а между панелями бетоном класса В-15.

Перекрытия соединяют с каменными стенами стальными анкерами сечением  $0,8 \text{ см}^2$ , расстояние между ними 3 м.

Многопустотные панели имеют глубину опирания 100 мм. Вентиляционные каналы в стенах размещены между торцами многопустотных панелей.

Промежутки между панелями, уложенными на стены, заполнены бетоном, т. к. заполнение кирпичом менее эффективно.

Ограждающими конструкциями являются кирпичные стены. Толщина наружной стены принята 510 мм на основании теплотехнического расчета. Так как проектируемое здание многоэтажное, то стены усиливают армированием. Используются два вида армирования: поперечное сетчатое, при котором арматурные сетки укладывают в горизонтальные швы кладки и продольное с размещением арматуры внутри и в бороздах кладки. Армирование повышает несущую способность каменных стен и обеспечивает совместную работу всех частей здания. При кладке внутренних стен здания применяется сетчатое армирование с использованием проволоки диаметром 3 мм. Швы кладки армированных стен на 4 мм больше чем диаметр арматуры. Арматурные сетки укладывают через 5 рядов кирпичной кладки.

В качестве покрытия используются облегченные ребристые плиты из плакированной стали. Данные плиты представляют собой кровельную конструкцию, которая не требует дополнительных гидроизоляционных мероприятий. Средний слой выполняется из матов минераловатных прошивных по ГОСТ 21880–76 [3] и является теплоизоляционным слоем. Плиты укладываются по деревянным аркам под углом  $45^\circ$ .

### Литература

1. СП 131.13330.2020 Строительная климатология // <https://docs.cntd.ru/document/573659358>.
2. СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01-89\* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» // <https://minstroyrf.gov.ru/docs/14465/>.
3. ГОСТ 21880–2022 Маты из минеральной ваты прошивные теплоизоляционные // <https://docs.cntd.ru/document/1200193250>.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Бабин Р.Н.</b> Сравнение прямых и косвенных методов неразрушающего определения прочности бетона .....                                                                             | 3  |
| <b>В.А. Балябин</b> Использование ПКД-панелей в строительстве .....                                                                                                                  | 9  |
| <b>В.А. Балябин</b> Процесс создания и история возникновения перекрёстно-клееной древесины .....                                                                                     | 13 |
| <b>Белусов Т.Ю.</b> Формирование проектно-графического профессионализма бакалавров-строителей с использованием отечественных САПР-технологий .....                                   | 15 |
| <b>Бахтикова А.С.</b> Контроль теплозащитной функции ограждающих конструкций зданий и сооружений с помощью тепловизионного обследования .....                                        | 20 |
| <b>Грохотов В.В.</b> Использование заполнителей месторождений Иркутской области в бетонных смесях и затвердевшем бетоне для обеспечения показателей качества готовой продукции ..... | 24 |
| <b>Грохотов В.В.</b> Влияние сырьевых компонентов на свойства бетонной смеси и затвердевшего бетона .....                                                                            | 29 |
| <b>Дончевская Н.В.</b> Анализ методов неразрушающего контроля в строительстве .....                                                                                                  | 39 |
| <b>Дончевская Н.В.</b> Проблемы и пути совершенствования методов контроля в строительстве .....                                                                                      | 46 |
| <b>Дроздов Д.А.</b> Солнечные панели в строительстве .....                                                                                                                           | 50 |
| <b>Дудин А.И.</b> Оценка технического состояния инженерных систем административного здания в г. Москве .....                                                                         | 53 |
| <b>Кабин П.В.</b> Методы контроля качества арматурных работ .....                                                                                                                    | 56 |
| <b>Керн А.Е., Савельев Е.С.</b> Применение BIM-системы Renga для расчета строительных конструкций .....                                                                              | 60 |
| <b>Кинаш Е.С.</b> Проектирование социально-культурного центра в г. Каргалы Челябинской области .....                                                                                 | 63 |
| <b>Клочинская А.А.</b> Критерии оценки качества ремонтных работ бетонных плотин гидротехнических сооружений .....                                                                    | 67 |
| <b>Королев А.И.</b> Сравнительная эффективность расчетов арок .....                                                                                                                  | 71 |
| <b>Королев А.И.</b> Преимущества и возможности программного комплекса T-FLEX CAD .....                                                                                               | 74 |
| <b>Лавников В.Н., Волкова А.Ю.</b> Инженерно-геологические изыскания для строительства центра социального обслуживания населения в г. Москве .....                                   | 77 |
| <b>Леонтьев В.Р.</b> Инновации в строительной диагностике .....                                                                                                                      | 83 |
| <b>Павлова Е.В.</b> Использование больших языковых моделей при выявлении источников неопределенности измерений показателей качества .....                                            | 88 |
| <b>Падаманова М.Я.</b> Зелёные крыши как инструмент экологической реконструкции городской среды .....                                                                                | 92 |
| <b>Панов А.Д.</b> Управление инфраструктурными проектами .....                                                                                                                       | 95 |

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Портнягина О.Б.</b> Технология производства многокомпонентной добавки для зимнего бетонирования с применением вторичных ресурсов региона ..... | 100 |
| <b>Свергунова Ю.С.</b> Использование цифровых технологий для контроля качества .....                                                              | 104 |
| <b>Скабелкин В.С.</b> Сравнение результатов расчета статически определимой многопролетной балки .....                                             | 107 |
| <b>Сорокина А.В.</b> Обзор методов оценки качества работ при возведении монолитных объектов с учетом требований энергоэффективности.....          | 111 |
| <b>Фозилов Х.У.</b> Сравнительный анализ методов расчета усилий в статически определимых фермах .....                                             | 114 |
| <b>Шалыгина А.А.</b> Проектирование планетария в городе Братске .....                                                                             | 116 |
| <b>Шестакова Д.А.</b> Проектирование кинотеатра из клеёных конструкций в г. Кургане .....                                                         | 120 |

Научное издание

# *Энергия молодых – строительному комплексу*

*Материалы XIX Межрегиональной  
научно-технической конференции  
студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых*

21–23 мая 2025 г.

Опубликовано в авторской редакции

---

Подписано в печать 22.10.2025

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>

Печать трафаретная.

Уч.-изд. л. 7,9. Усл. печ. л. 7,9.

Заказ 62

*Электронная версия издания размещена  
в локальной сети ФГБОУ ВО «БрГУ» в разделе «Библиотека»*

Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВО «БрГУ»  
665709, Братск, ул. Макаренко, 40