



ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК ДОНА

научный журнал Ростовского отделения РИА

344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, 140, тел. 2640944, ivdon3@bk.ru

№ 47-231/22 от 2.12.2022

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

## СПРАВКА

Дана Бикбулатову Р.И., Мухаметгалееву Т.Х., Пироговой А.М. в том, что статья «Автоматизация расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании» (авторы: Бикбулатов Р.И., Мухаметгалеев Т.Х., Пирогова А.М.) опубликована в научном журнале «Инженерный вестник Дона» (сетевое издание), номер 12 за 2022 год.

Директор исполнительной дирекции РО РИА,  
академик РИА



М.Д. Розин

## Автоматизация расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании

*Т.Х. Мухаметгалеев, Р.И. Бикбулатов, А.М. Пирогова*

*Казанский Государственный Энергетический Университет*

**Аннотация:** На сегодняшний день актуализируется вопрос индустриального освоения северных территорий России. Основной задачей является производство бетонных работ, требующих применение специальных методов. Цель текущей статьи стоит в обосновании необходимости разработки программного решения, позволяющего автоматизировать расчет параметров греющего провода при зимнем бетонировании. Авторами поднимается вопрос актуальности использования метода зимнего бетонирования на примере греющих проводов. В работе анализируются аспекты проектирования указанной программы. Научная значимость статьи заключается в возможности использования представленных материалов в качестве базы для создания реального программного решения. Преимущественная часть статьи посвящена именно вопросам создания решения по автоматизации расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании.

**Ключевые слова:** Строительство, программа, автоматизация, греющий провод, зимнее бетонирование, Крайний Север.

### Введение

Строительство является одной из наиболее значимых для современной экономики и развития государства отраслью. Строительство включает в себя все этапы по возведению того или иного здания (сооружения), начиная от проектирования, и заканчивая сдачей документации по возведенному объекту. Интеграция информационных технологий в данной отрасли происходит по многим направлениям, начиная от разработки специального программного обеспечения по автоматизации расчетов и, заканчивая использованием различных роботизированных комплексов на строительных площадках для укладки кирпича [1].

Одной из наиболее трудных и значимых задач изучаемой области является строительство зданий и сооружений в условиях Крайнего Севера. Низкие температуры вносят свои коррективы в рамках производства строительных работ, затрудняя и делая процесс строительства более затяжным и дорогостоящим. Большая часть современных строительных

---

объектов возводится посредством использования бетонирования конструкций. Бетон является основой современного строительства, с помощью которого отливаются: фундамент, стены, колонны и иные конструкции [2].

При строительстве в условиях Крайнего Севера процесс гидратации бетона происходит намного медленнее и неравномерно. Поэтому для данных задач активно используются различные методы зимнего бетонирования (метод термоса, греющие провода, вакуум и иные). Одной из проблем при реализации данных методов является выполнение объемных и трудных расчетов, требующихся для определения наиболее оптимальных параметров. Это значительно затрудняет и повышает время на реализацию строительных объектов и требует автоматизации процесса расчета параметров [3].

### **Материалы и методы**

Авторами используются теоретические и эмпирические методы исследования. С целью получения более подробной информации и актуальных данных, в статье используются научные работы отечественного и зарубежного авторства. В результате проделанной работы, авторами используются научные материалы таких авторов, как: Апатова Н.В., Узakov Т.К., Милкина Ю.А., Макарова Е.Е., Шеенко И.В., Кононенко М.М., Шарапов А.А. и других. В каждой из данных работ затрагиваются фундаментальные вопросы, необходимые с целью воспроизведения общего анализа, касающегося вопросов автоматизации производства работ при зимнем бетонировании.

Таким образом, в используемой авторами настоящей статьи литературе раскрываются такие вопросы, как: влияние информационных технологий в строительстве на экономический рост; внедрение современных информационных технологий в строительную отрасль; анализ

---

эффективности некоторых методов производства бетонных работ в зимних условиях и другие.

### Результаты и обсуждение

При бетонировании тонкостенных конструкций и элементов средней массивности в условиях Крайнего Севера рекомендуется применение метода электро-прогрева проводом в сочетании с использованием противоморозных добавок в бетоне и утепления конструкции (рис. 1).

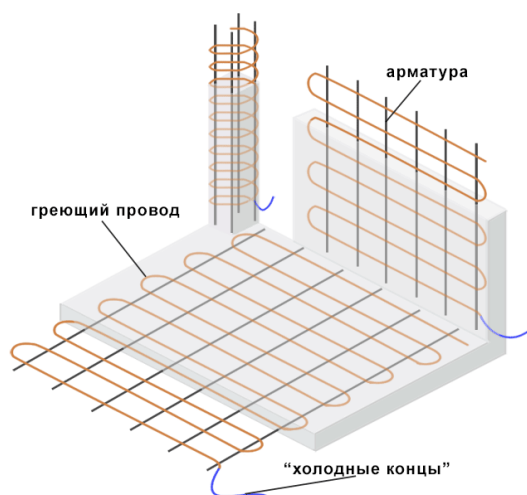


Рисунок 1.2 – Укладка провода для армированной конструкции

Данный метод имеет следующие отличительные особенности:

- подвод внешнего тепла осуществляется непосредственно в тело бетона;
- нагревательные элементы расположены внутри конструкции;
- отсутствие потерь тепла в окружающую среду.

Проблема затрат электроэнергии и автоматизации расчетов остро стоит перед строителями. Зимнее бетонирование в современных условиях требует быстрого, качественного прогрева конструкций с минимальной трудоемкостью и малыми финансовыми вложениями. При использовании в

качестве метода прогрева бетона – электро-прогрева греющим кабелем, основным вопросом является автоматизация расчета параметров для электро-прогрева. В настоящее время существуют методические рекомендации, такие, как МДС 12-48.2009, позволяющие производить данный расчет. Методический документ разработан сотрудниками ЗАО «ЦНИИОМТП» - кандидатами технических наук В.П. Володиным и Ю.А. Корытовым.

Анализ практики зимнего бетонирования показал, что в большинстве случаев прогрев бетона осуществляется без предварительного расчета, основываясь на опыте персонала. Данный факт обуславливается следующими причинами:

- на выполнение расчета для каждой бетонной конструкции требуется значительная часть рабочего времени;
- инженерно-технический персонал, выполняющий расчет параметров греющего провода, должен быть подробно ознакомлен с методикой расчета;
- при выполнении расчета возможны погрешности и ошибки, влияющие на срок набора прочности бетона и качество конструкции после прогрева.

Определение оптимальных параметров режима термообработки важно при подготовке прогрева конструкции. Выбор площади сечения и длины провода, а также величина подаваемого напряжения производится подбором. Требуется установить оптимальные параметры, более экономичный вариант с точки зрения наименьшего расхода трудовых и материальных ресурсов [4].

Необходимо отметить, что существенных попыток автоматизации расчета параметров при методе зимнего бетонирования греющими проводами не предпринималось. Ввиду высокой значимости и распространенности данного метода зимнего бетонирования, особенно актуализируется вопрос, связанный с необходимостью разработки специальной программы. Данная программа должна обеспечивать

---

полноценный и автоматизированный расчет всех параметров, требуемых в технологическом процессе, для укладки проводов, выбора трансформатора, расчета продолжительности нагрева, прогрева и остывания бетонной смеси [5].

Предлагаемая программа должна выполнять множество функций, связанных с приемом, обработкой и передачей данных о различных параметрах, учитываемых при реализации метода зимнего бетонирования на основе греющих проводов. Приложение должно стать инструментом для автоматизации рутинных расчетов, выполняющихся для нахождения итоговых значений. Программа в течение своего выполнения будет получать множество исходных и вводимых данных относительно параметров окружающего воздуха, бетонируемой конструкции, имеющихся проводов и трансформатора на строительной площадке [6].

Таким образом, первым набором параметров на вход станут данные о температуре и бетонной конструкции. Вторым набором станут параметры, связанные с проводом и трансформатором. Помимо этого, при вводе второго множества исходных параметров, требуется предусмотреть возможность выбора типа соединения нагревательных проводов [7].

Итогом работы программы должен быть вывод расчетных значений, а также графика распределения температуры и прочности нагрева с итоговой схемой соединения нагревательных проводов. Последняя схема должна учитывать выбор типа соединения нагревательных проводов, а также тип бетонной конструкции [8].

На каждом из окон программы должны быть реализованы кнопки выхода, занесения исходных значений, расчета итоговых значений, а также кнопки навигации между окнами приложения. Помимо этого, на втором окне приложения требуется предусмотреть кнопку, при нажатии на которую будет реализованы функция, сменяющая выбор типа соединения проводов и

---

отображаемую схему соответственно. Необходимо отметить, что каждое окно разрабатываемого приложения должно соответствовать каждому отдельному множеству вводимых параметров [9].

На рис. 2 представлен общий алгоритм работы проектируемого приложения:



Рис. 2. Алгоритм автоматизированного расчета параметров греющего провода

Таким образом, планируется, что данное приложение должно иметь 3 основных окна, каждое из которых будет отвечать и выполнять следующий функционал:

- 1 окно: ввод исходных параметров по конструкции, бетону и погодным условиям. Помимо этого, после занесения исходных значений, на данном окне должна быть отображена схема размещения проводов относительно выбора типа бетонной конструкции;

- 2 окно: данное окно отвечает за ввод исходных данных по проводу и трансформатору. Также на данном окне отображается значение требуемой мощности трансформатора, рассчитанное на основе исходных данных из



первого окна. В результате ввода исходных параметров должна быть отображена схема, в зависимости от выбора типа соединения нагревательных проводов;

- 3 окно: данное окно отвечает за вывод всех итоговых значений и отображение итоговой схемы соединения проводов и графика распределения прочности при прогреве, относительно затраченного времени.

Также требуется предусмотреть ограничение на ввод исходных данных, заключающееся в возможности ввести исключительно численные значения. Ввода текстового формата данных на протяжении всей работы программы не предусматривается. Разрабатываемое приложение должно обеспечивать остановку процесса работы программы при нажатии на кнопку «выход», непрерывную обработку данных, а также постоянный контроль вводимых данных. Исходными данными для разработки программного обеспечения должны быть рекомендации по производству бетонных работ в условиях низких температур.

Основными требованиями к разработке программного обеспечения является возможность создать многооконное приложение, а также подвязку с помощью кода. Одним из наиболее рациональных и подходящих вариантов для создания требуемого приложения является среда разработки Unity 3D с редактором кода Microsoft Visual Studio. Необходимо отметить, что программирование в Unity осуществляется с помощью языка программирования высокого уровня C#. Таким образом, возможными инструментами для реализации программы являются: среда разработки Unity 3D; редактор кода Microsoft Visual Studio; язык программирования высокого уровня C#.

## **Заключение**

---



Таким образом, основной целью представленной статьи являлось обоснование необходимости разработки программного решения, позволяющего автоматизировать и оптимизировать расчет параметров греющего провода при зимнем бетонировании. Авторами определены актуальность и технологические особенности производства бетонных работ в условиях низких температур. Обоснована необходимость и представлены этапы проектирования инструмента для автоматизации расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании.

В заключение необходимо отметить, что в результате практической реализации и использования программы автоматизации расчета параметров греющих проводов для прогрева бетона, представляется возможным значительное ускорение сроков выполнения строительно-монтажных работ в зимний период, а также уменьшение затраты на электричество и материалы прогрева. Областью применения данной программы может выступать профессиональное помещение для прорабов на строительной площадке, в которой ответственный за производство работ сможет в кратчайшие сроки произвести расчет, и определить необходимые параметры [10].

### Литература

1. Апатова Н.В., Узаков Т.К. Влияние информационных технологий в строительстве на экономический рост // Экономика строительства и природопользования. 2018. №4(69). С. 17-24.
2. Kockal N.U. Properties and microstructure of porous ceramic bodies containing fly ASH // Journal of building physics. 2012. T.35. №4. pp. 338-352.
3. Курочка П.Н., Гаврилов А.В. Бетоны на комплексном вяжущем и мелком песке// Инженерный вестник Дона, 2013, №1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1562/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1562/).

4. Kobuliev Z.V. Modeling of process of karring heat and account of heat conductivity of composite materials// ICCE/6, Sixth annual international conference on composites engineering. Orlando, Florida, 1999. pp. 761-762.

5. Шеенко И.В. Анализ эффективности некоторых методов производства бетонных работ в зимних условиях // Инновационная наука. 2018. №10. С. 98-101.

6. Погодин Д.А., Уханова М.А. Интенсификация технологических процессов зимнего бетонирования монолитных зданий // Перспективы науки. 2019. №1 (112). С. 63-68.

7. Шеина С.Г. Анализ и расчет «мостиков холода» с целью повышения энергетической эффективности жилых зданий// Инженерный вестник Дона, 2012, №1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1097/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1097/).

8. Милкина Ю.А., Макарова Е.Е. Внедрение современных информационных технологий в строительную отрасль // Организатор производства. 2021. №3. С. 101-110.

9. Федорова Г.Н. Разработка, внедрение и адаптация программного обеспечения отраслевой направленности. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2018. 336 с.

10. Кононенко М.М., Шарапов А.А. Разработка симулятора в среде Unity для выполнения практических работ по геодезии // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2021. №2. С. 91-95.

### References

1. Apatova N.V., Uzakov T.K. E`konomika stroitel`stva i prirodopol`zovaniya. 2018. №4 (69). pp. 17-24.

2. Kockal N.U. Journal of building physics. 2012. T.35. №4. p. 338-352.

3. Kurochka P.N., Gavrilov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1562/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1562/).



4. Kobuliev Z.V. ICCE/6, Sixth annual international conference on composites engineering. Orlando, Florida, 1999. pp.761-762.
5. Sheenko I.V. Innovacionnaya nauka. 2018. №10. pp. 98-101.
6. Pogodin D.A., Uxanova M.A. Perspektivy` nauki. 2019. №1 (112). pp. 63-68.
7. Sheina S.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №1. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4r1y2012/1097/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4r1y2012/1097/).
8. Milkina Yu.A., Makarova E.E. Organizator proizvodstva. 2021. №3. pp. 101-110.
9. Fedorova G.N. Razrabotka, vnedrenie i adaptaciya programmno obespecheniya otraslevoj napravlenosti [Development, implementation and adaptation of industry-specific software]. M.: KURS: INFRA-M, 2018. 336 p.
10. Kononenko M.M., Sharapov A.A. Intere`kspo Geo-Sibir`. 2021. №2. pp. 91-95.