

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

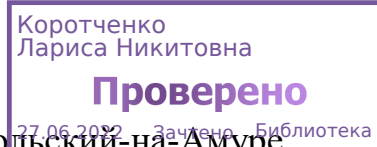
Поляков Илья Александрович

Учет особенностей бетонирования строительных конструкций в условиях крайнего севера при проектировании зданий и сооружений

Направление подготовки
08.04.01 – «Строительство»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

2022



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель: Сысоев Олег Евгеньевич
доктор технических наук, доцент

Рецензент: Щербаков Иван Федорович
начальник отдела проектных работ
МКУ «Управление капитального строительства
администрации города Комсомольска-на-Амуре»
кандидат технических наук

Защита состоится «24» июня 2022 г. в 9 часов 00 мин. на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ФГБОУ ВО «КнАГУ» ауд. 212/1.

Автореферат разослан 18 июня 2022 г.

Секретарь ГЭК

И.В. Погорельских

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

В России имеется значительное количество городов, располагающихся в районах Крайнего Севера или в приравненных к ним местах, где зима длится от 4 до 6 месяцев. К таким относятся города из Амурской, Архангельской, Забайкальской, Иркутской, Сахалинской, Томской и других областей, а также города из Красноярского, Камчатского и Хабаровского края.

Строительство в подобных климатических условиях увеличивает стоимость и сроки выполнения СМР, в связи с необходимостью дополнительных денежных и трудовых затрат на применение методов зимнего бетонирования.

Несмотря на наличие фундаментальных исследований в части выбора оптимального метода обогрева, остается актуальным вопрос оптимизации трудовых, материальных и энергетических ресурсов при постоянном использовании выбранного метода.

Цель работы: автоматизация расчета параметров греющего провода и продолжительности этапов прогрева.

Объект исследования: бетонирование монолитных железобетонных конструкций, производимое при отрицательной температуре окружающей среды.

Предмет исследования: электрический прогрев бетона с применением греющего провода.

Основными задачами работы являются:

- изучение истории исследований проблем зимнего бетонирования;
- рассмотрение и анализ существующих методов и технологии производства бетонных работ в зимнее время;
- рассмотрение проблем применения греющего кабеля в качестве метода обогрева бетона;
- создание программного обеспечения для расчета параметров греющего кабеля и определения продолжительности этапов прогрева.

Методическая и теоретическая основы исследования

Методической основой для исследования является анализ теории, научных статей, строительной практики производства бетонных работ в зимний период.

В качестве теоретической основы взяты научные публикации по тематике зимнего бетонирования и изучению процессов, происходящих в бетоне под воздействием различных температур.

Апробация работы и публикации

Основные положения диссертации опубликованы в двух научных статьях. Материалы диссертации доложены и апробированы на двух конференциях:

- Международная научно-практическая конференция «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия» стр. 301–303, 16–17 декабря 2020 года, г. Комсомольск-на-Амуре.

- Международная научно-практическая конференция «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия» стр. 211–213, 16-17 декабря 2021 года, г. Комсомольск-на-Амуре.

Структура и объём работы.

Магистерская диссертация состоит из введения, трех глав, списка литературы (17 источников). Основной текст изложен на 97 страницах, содержит 8 таблиц и 40 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассмотрена история исследований производства бетонных работ в зимний период и современные направления изучения проблем в данной области.

Выводы по главе 1

1. Направление научных исследований зимнего бетонирования достаточно развито, в большей степени изыскания по проблематике зимнего бетонирования были выполнены советскими и российскими учеными.

2. Одним из последних методов зимнего бетонирования свое развитие получил метод прогрева греющим проводом.

3. На сегодняшний день технологию зимнего бетонирования с применением греющего провода продолжают сопровождать проблемы трудоемкости укладки кабеля, сложного электротехнического расчета и больших затрат электроэнергии.

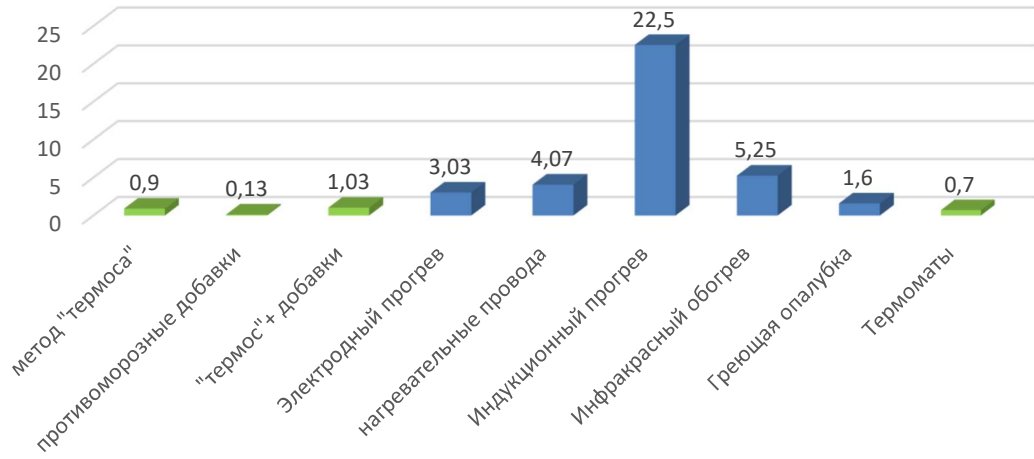
4. Для подробного рассмотрения проблем применения греющего кабеля требуется анализ особенностей производства бетонных работ в зимний период и оценка каждого метода зимнего бетонирования

Во второй главе рассмотрены методы зимнего бетонирования с описанием плюсов и минусов каждого метода. Проведен анализ и оценка применимости каждого из методов зимнего бетонирования в условиях Крайнего Севера. Для дальнейшей работы выбран метод электро-обогрева с применением греющих проводов, также определены основные проблемы применения данного метода. Дана оценка существующим методикам определения параметров электро-прогрева, описан наиболее оптимальный метод расчета.

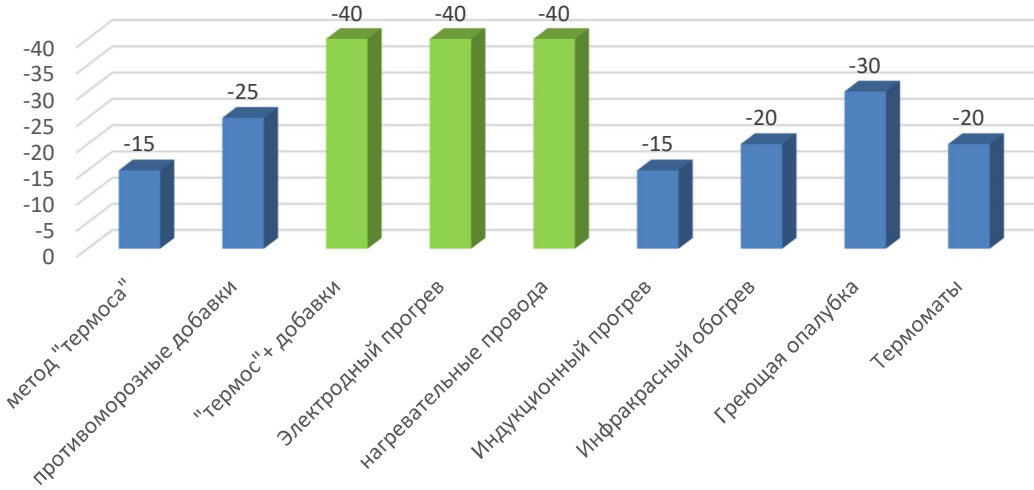
Сравнение методов зимнего бетонирования

№ пп	Название метода	Затраты труда, чел.час	Расход электроэнергии, кВт*ч	Температура применения, °С	Средняя температура бетонной смеси, °С	температура греющего элемента, °С	КПД метода
1	метод "термоса"	0,9	10	-15	35	-	-
2	противоморозные добавки	0,13	0	-25	20	-	-
3	"термос"+ добавки	1,03	10	-40	20	-	-
4	Электродный прогрев	3,03	100	-40	60	80	0,75
5	нагревательные провода	4,07	95	-40	60	70	0,86
6	Индукционный прогрев	22,5	150	-15	45	100	0,45
7	Инфракрасный обогрев	5,25	160	-20	40	90	0,44
8	Греющая опалубка	1,6	120	-30	55	90	0,61
9	Термоматы	0,7	75	-20	40	70	0,57

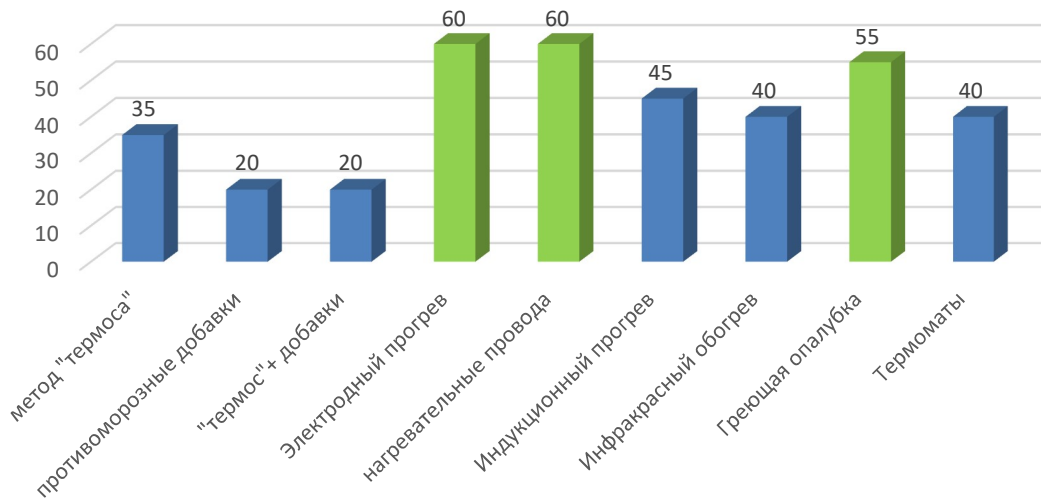
Затраты труда, чел.час

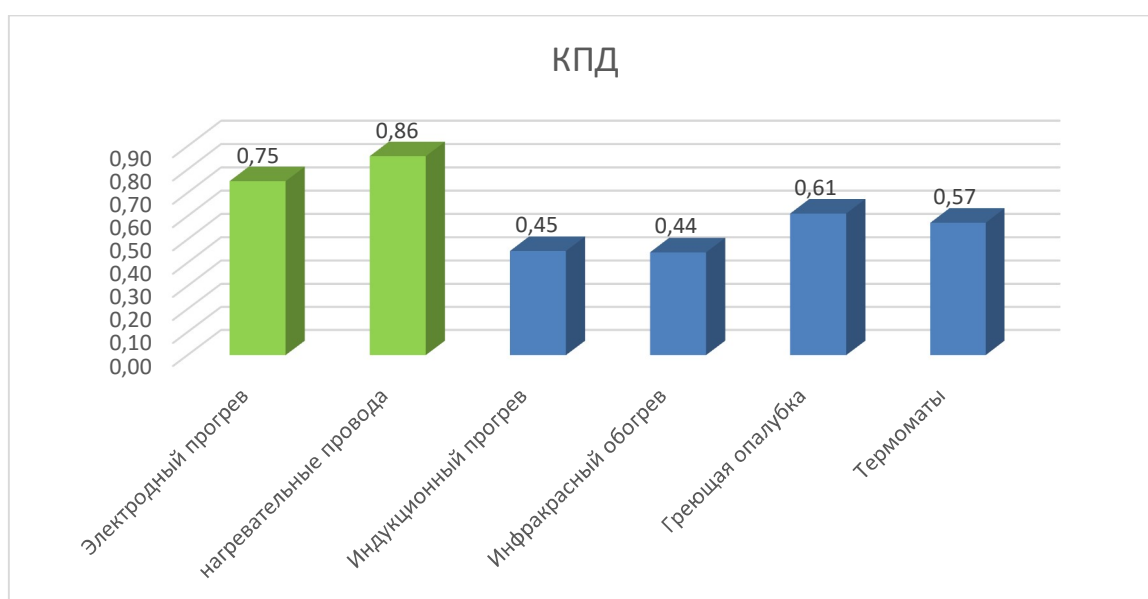
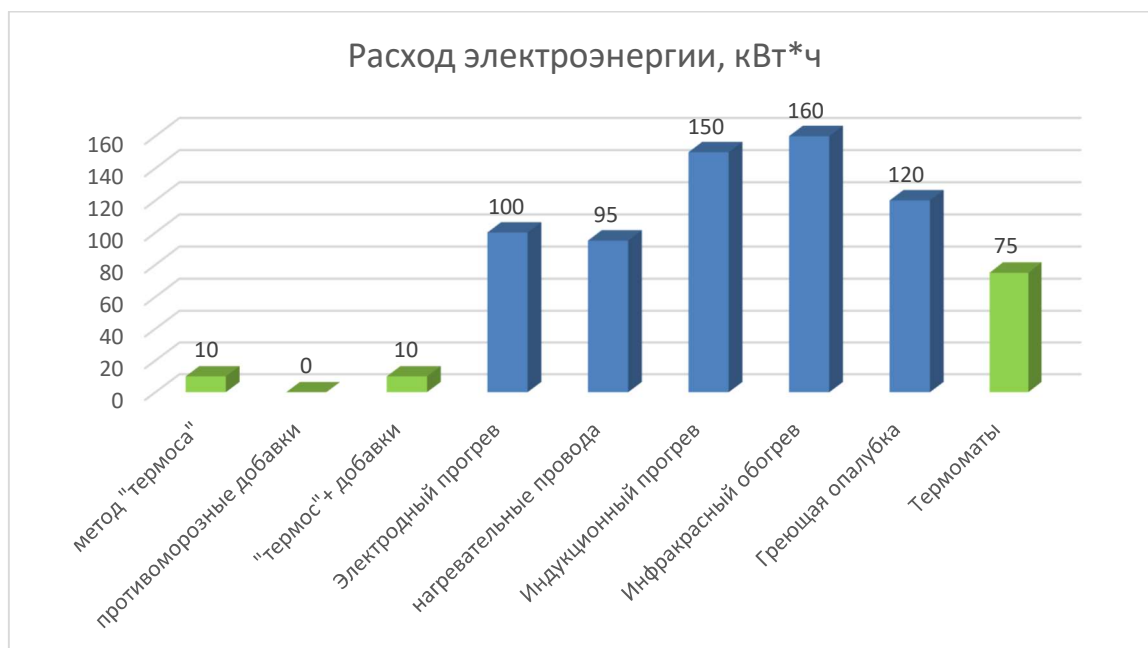


Температура применения, °C



Средняя температура бетонной смеси, °C





Выводы по главе 2

1. На сегодняшний день существует множество проработанных методов строительства бетонных и железобетонных сооружений в зимних условиях при температурах вплоть до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Технико-экономическое сравнение указывает на преимущество метода «термоса» в комплексе с противоморозными добавками. Однако при строительстве в условиях Крайнего Севера самым актуальным и перспективным остается метод применения греющих проводов.

3. При строительстве/реконструкции в зимний период ручной расчет греющего кабеля выполняется отдельно для каждой бетонируемой конструкции, что сказывается на увеличении общих сроков выполнения работ.

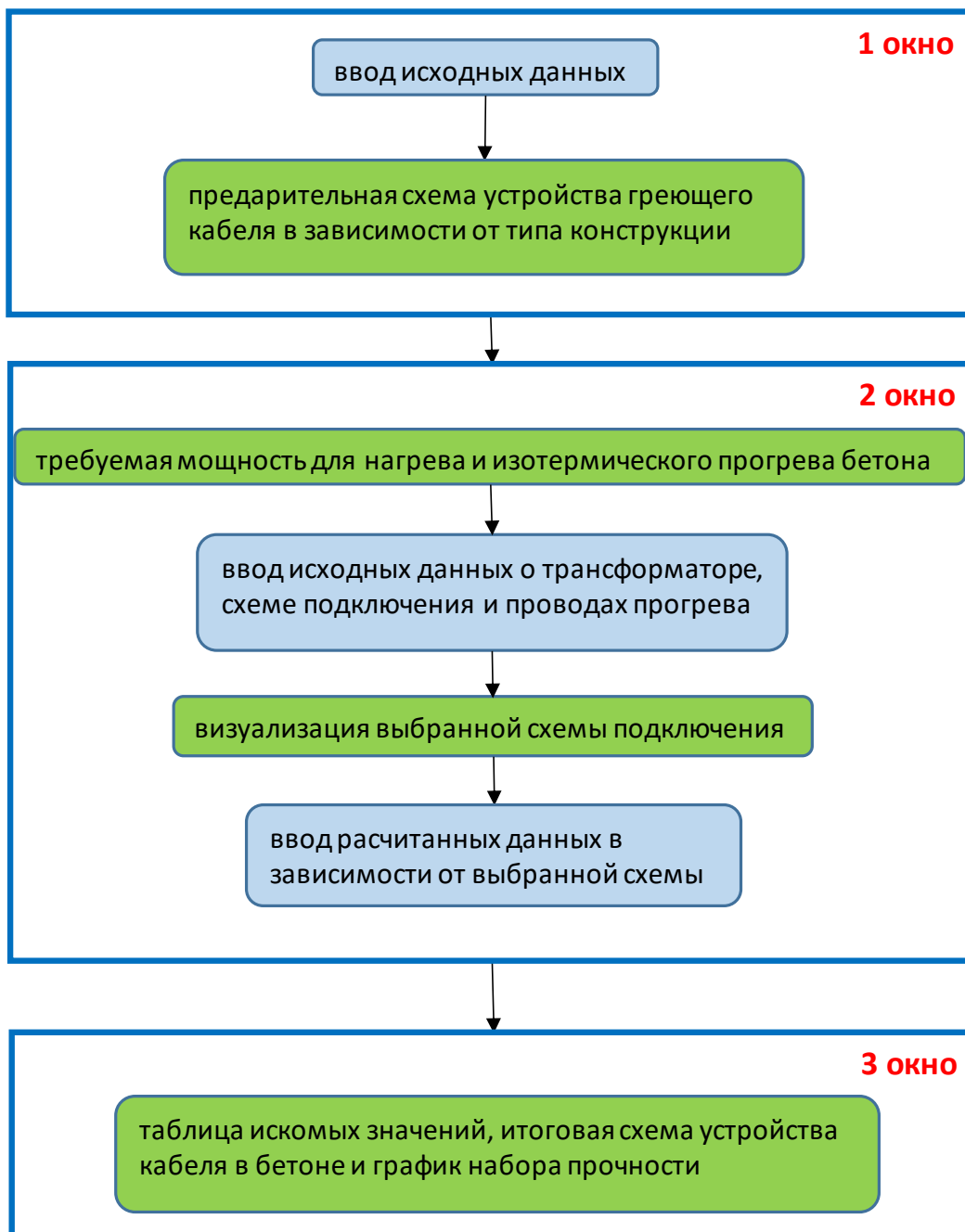
4. Для определения наиболее оптимальных искомых значений (продолжительность прогрева, энергозатраты, расходуемые материалы) требуется квалифицированный персонал, знающий методику расчета и умеющий ее выполнять без ошибок.

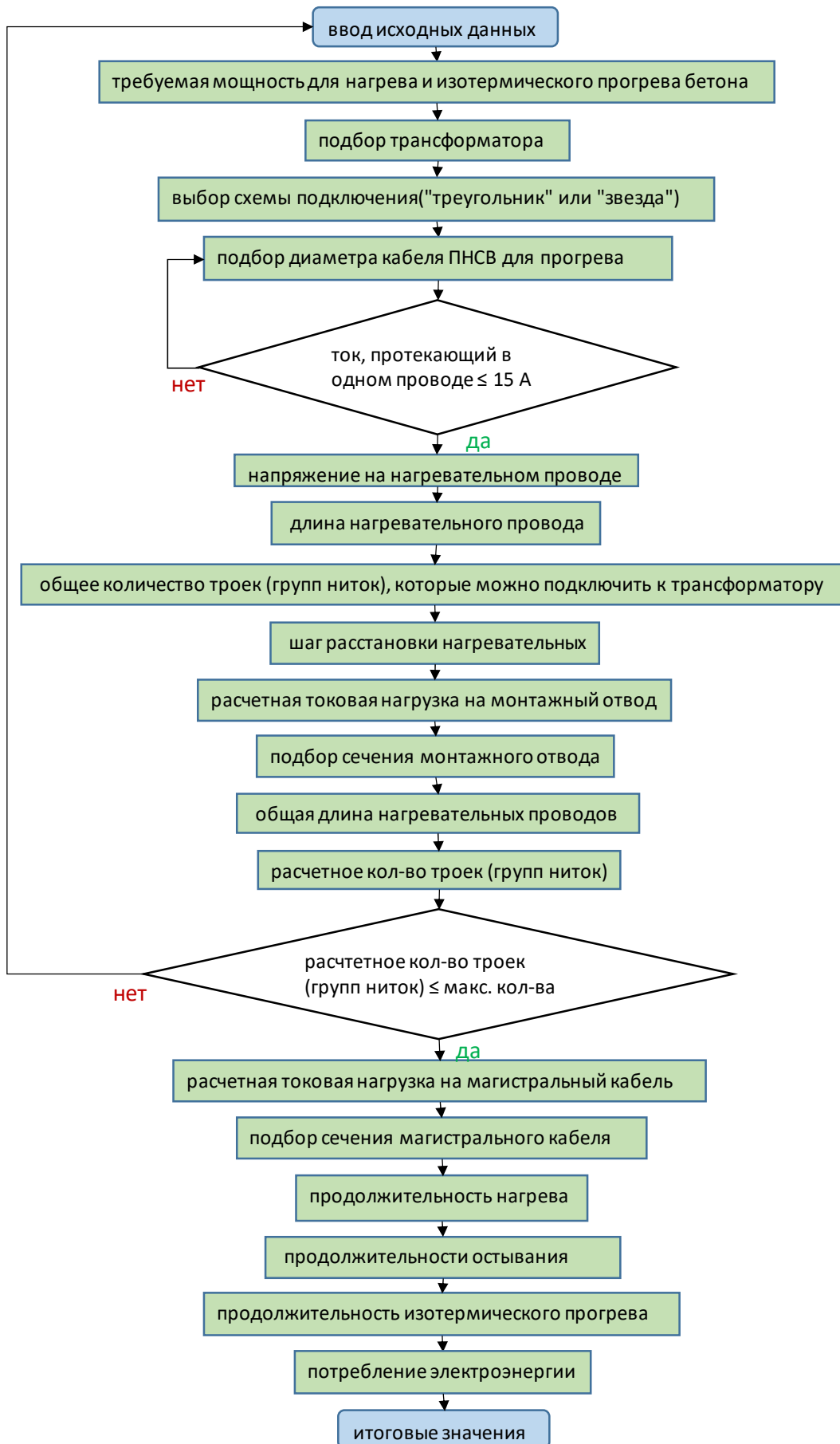
5. Расчет параметров прогрева греющими проводами по рекомендациям, изложенным в МДС 12-48.2009 и ТСН 12-336-2007, в некоторых случаях может быть некорректен, по причине использования устаревших методов определения искомых значений и отсутствия вариативности условий прогрева.

6. В целях получения наиболее точных искомых значений при расчете греющего провода целесообразно руководствоваться рекомендациями по производству бетонных работ в зимнее время Р НОСТРОЙ 9-2014, где подробно описаны необходимые расчеты.

7. Метод зимнего бетонирования с применением греющего провода нуждается в оптимизации и автоматизации расчета электропрогрева, с целью снижения трудозатрат и сроков выполнения СМР, а также увеличения качества железобетонных конструкций по окончании прогрева.

В третьей главе, для решения проблем применения метода греющих проводов, поставлена задача автоматизировать предварительный расчет необходимых параметров электро-прогрева. Тем самым создать возможность для строителей оптимизировать трудовые и материальные затраты при производстве бетонных в условиях Крайнего Севера. Описана последовательность разработки программы, а также проведено тестирование на корректность ее работы и правильность выполнения расчета.





ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ КОНСТРУКЦИИ



Размеры конструкции, м

Длина:

Ширина:

Высота:

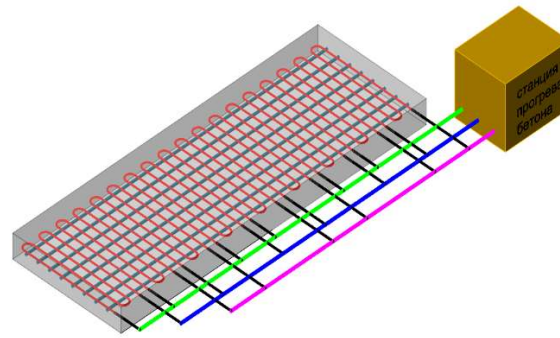
Тип бетонной конструкции

Наличие арматуры
в конструкции

Класс бетона
(марка)

Опалубка, мм

Тип расположения конструкции



Температура прогрева
(40-60), °C

Скорость подъема
температуры в час(5-10), °C

Требуемая прочность
конструкции, %:

Температура наружного
воздуха, °C

Скорость ветра

Температура бетонной
смеси (перед началом
прогрева), °C

Выход

Внести данные **Окно 1**

ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРОВОДА И ТРАНСФОРМАТОРА



Требуемая мощность трансформатора, кВт: 12,75

Сменить тип
соединения

Рабочее напряжение тока на
трансформаторе при прогреве (по
паспортным данным):

Предельно допустимый ток для
данного трансформатора при
рабочем напряжении (по
паспортным данным):

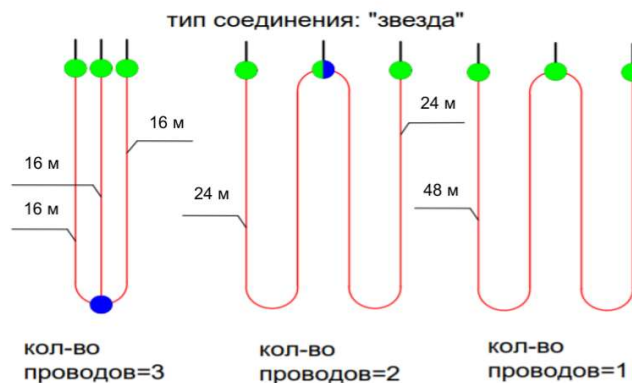
Количество проводов,
подключенных к одному отводу:

Количество участков проводов в
тройке (нитке), подбор по схеме
соединения:

Диаметр жилы греющего
кабеля, мм:

Выбор материала
сечения монтажного
отвода

Жила монтажного отвода



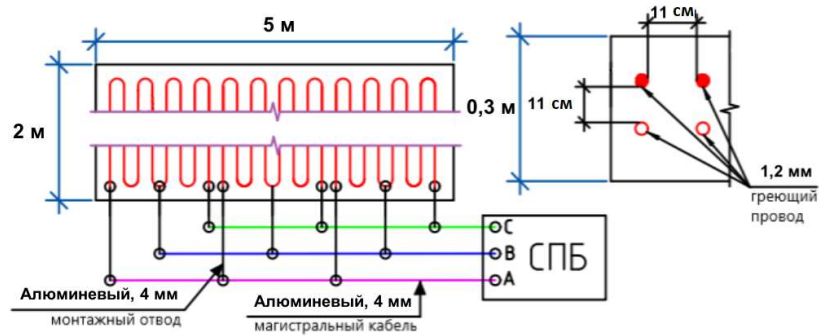
- обозначения:
- — соединение проводов
 - — соединение нагревательных проводов
 - — нагревательный провод
 - — монтажный отвод (холодный конец)

Выход

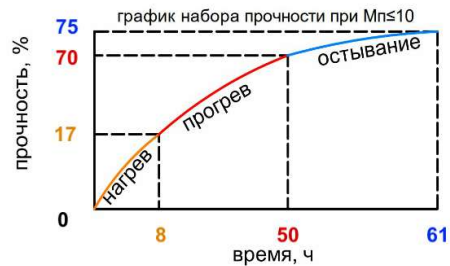
Внести данные **Окно 2**



Схема соединения - звезда



искомые значения		
длина участков нагревательных проводов	24	м
общая длина нагревательных проводов	113,88	м
количество троек (групп ниток)	2	шт.
минимальная мощность трансформатора	12,75	кВт
расход электроэнергии на прогрев	247,14	кВт/ч
скорость подъема температуры	5	°C/ч
температура прогрева	50	°C
продолжительность нагрева	8	ч
продолжительность прогрева	42	ч
продолжительность остывания	11	ч



Выход

Расчитать значения Окно 3

Выводы по главе 3

При помощи разработанной программы АВС возможно выполнить ряд автоматических расчетов, связанных с производством работ по электро-прогреву бетона, такие как:

1. Подбор типа и толщины опалубки в зависимости климатических условий и необходимой скорости набора прочности бетона.
2. Определение необходимого объема проводов, исходя из имеющихся в наличии материалов.
3. Подбор трансформатора и выбор оптимальных режимов подачи напряжения на провода.
4. Определение продолжительности этапов подачи напряжения, а также общей продолжительности изотермического выдерживания бетона.
5. Визуализация предлагаемых решений по раскладке кабеля в бетонной конструкции и подключения монтажных и магистральных проводов.
6. Определение потребления электроэнергии за предполагаемый период тепловой выдержки бетона.

Выводы по диссертации

На основании проведенного исследования сделаны следующие выводы:

1. Анализ теории и практики зимнего бетонирования монолитных конструкций с применением греющего провода показал необходимость оптимизации и автоматизации метода расчета параметров электро-прогрева;

2. Изучены публикации и методики по выбранной тематике. Современные методические рекомендации не имеют единого расчета требуемой мощности прогрева. Ручной расчет на основе существующих методик занимает значительную часть рабочего времени персонала, а также при его использовании возникает риск некорректности искомых значений, что может отразиться на надежности и долговечности бетона по окончании выдерживания и на увеличении сроков и стоимости производства работ по прогреву.

3. Показано, что выполнение расчета параметров электро-прогрева бетона с использованием греющего кабеля в разработанной программе АВС является наилучшим вариантом при производстве работ по зимнему бетонированию. Данное ПО позволяет в кратчайший срок определить искомые значения и оценить влияние условий прогрева на конструкцию для оптимизации производства работ (корректировки параметров). Для работы в АВС не требуется высококвалифицированный персонал, так как все расчеты автоматизированы, а в окнах программы представлены пояснения, схемы и графики для понимания пользователем методики 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.

Материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Международная научно-практическая конференция «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия» стр. 301–303, 16–17 декабря 2020 года, г. Комсомольск-на-Амуре.

2. Международная научно-практическая конференция «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия» стр. 211–213, 16-17 декабря 2021 года, г. Комсомольск-на-Амуре.