

УДК 693.22

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ТЕРМООБРАБОТКИ КАМЕННОЙ КЛАДКИ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ ЗА СЧЕТ СТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ВОЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

Бабков В.В., Федорцев И.В., Султанова Е.А.¹

*Уфимский государственный нефтяной технический университет
e-mail: ¹ katerina.sultanova@gmail.com*

Аннотация. Предложен новый способ термообработки каменной кладки в зимних условиях и алгоритм организации потока каменных работ, позволяющий сократить общий срок возведения здания. По предложенному алгоритму расчета термообработки каменной кладки в зимних условиях с использованием стационарной системы теплоснабжения жилого дома разработано программное обеспечение, автоматизирующее тепло-технические расчеты и определение необходимых организационно-технологических параметров организации строительного потока, что существенно оптимизирует работу над проектом

Ключевые слова: способ термообработки, каменная кладка, оптимизационные модели, стационарная система отопления, технологические режимы, набор прочности бетона

В связи с интенсивным строительством в РФ около 50 % объема бетонных работ выполняют в районах с экстремальными климатическими условиями, специфика которых влияет на размер трудовых и энергетических затрат, материалоемкость и общую стоимость строительства. Здания и сооружения из монолитного бетона возводят круглогодично. Известно, что при температуре +5 °С бетонные смеси резко снижают набор прочности. Все реакции гидратации замедляются. При температуре ниже 0 °С химически несвязанная вода превращается в лед и увеличивается в объеме приблизительно на 9%. В результате в бетоне возникают напряжения, разрушающие его структуру. Замерзший бетон обладает высокой прочностью, но только за счет сцепления замерзшей воды. При оттаивании процесс гидратации цемента возобновляется, но из-за нарушений структуры бетон не может набрать проектной прочности, т.е. его прочность значительно ниже, чем прочность бетона, не подвергавшегося замерзанию. Таким образом, задача совершенствования технологии возведения монолитных железобетонных конструкций в этих ситуациях весьма актуальна.

Экспериментами установлено, что на процесс набора прочности бетона существенно влияют условия твердения. Если бетон до замерзания наберет 30 - 50 % прочности от проектной, то дальнейшее воздействие низких температур не влияет на его физико-механические характеристики. Традиционная технология производства каменных работ в зимних условиях, регламентируемая СНиП 2-22-81

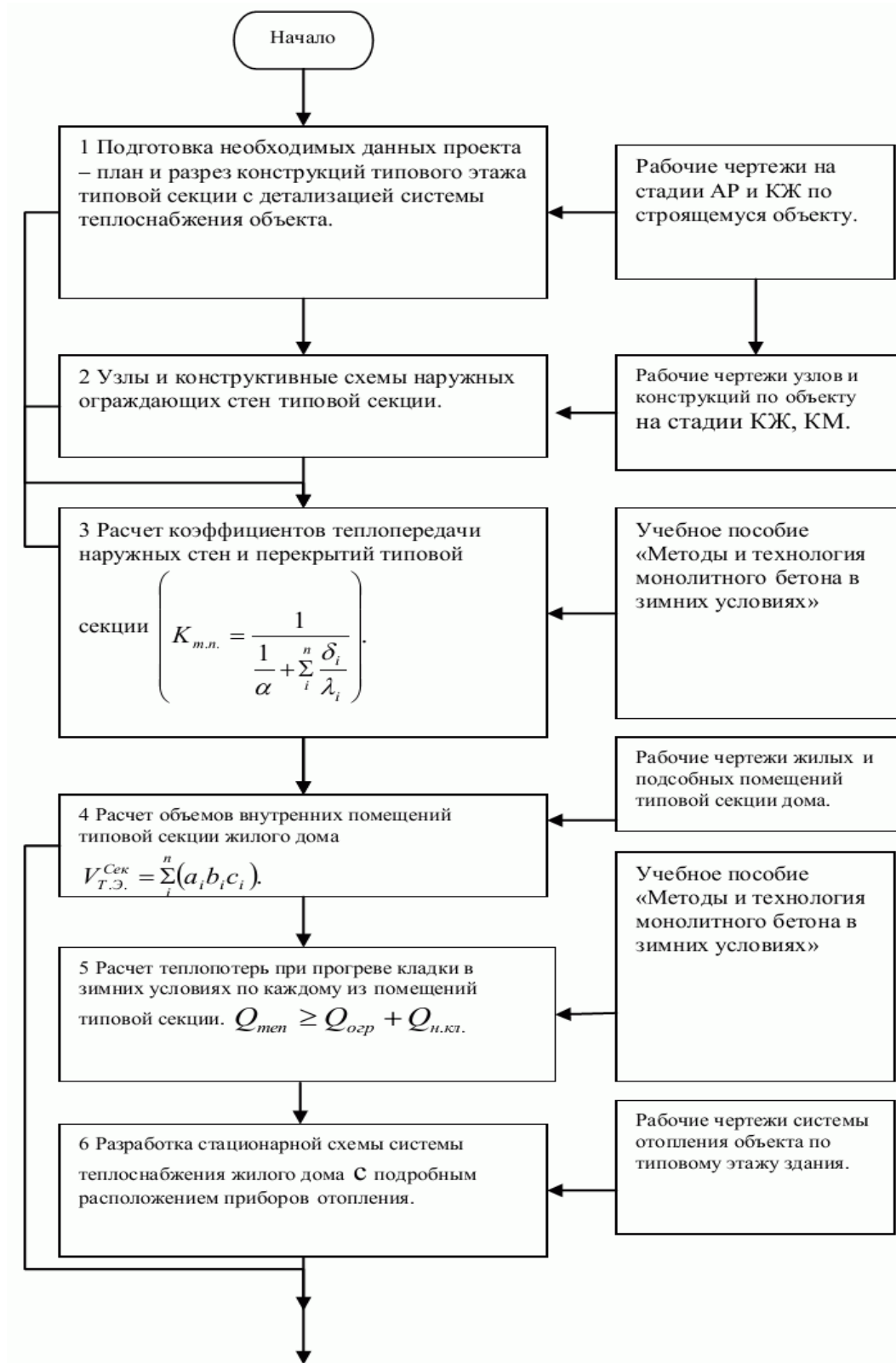
«Каменные и армокаменные конструкции», предусматривает возведение здания на растворах с химическими добавками высотой до 5 этажей. Такие «жесткие» ограничения по темпу и высоте строящегося здания при отрицательных температурах обусловлены существенной разницей в динамике работ кладочного технологического цикла и процесса набора прочности растворного шва («скорость» кладочного цикла одного этажа многоэтажного здания равна $7 \div 10$ дней, тогда как требуемая прочность растворной постели на химических добавках этого же этажа достигается за $50 \div 90$ дней).

Исходя из всех этих ограничений, была реализована технология, основанная на совместном применении кладочных растворов с комплексными добавками, включающими суперпластификатор и противоморозную составляющую, и термопрогрева фрагментов объема здания подачей тепла по смонтированной сети теплоснабжения. Это позволяет за счет регулирования температуры теплоносителя в системе отопления «поддерживать» требуемую прочность возведенных нижележащих каменных конструкций.

Здание делится на блоки. «Блок» здания, подвергающийся термообработке, включает 4-5 этажей. Время, затрачиваемое на исполнение монтажа 1 блока дома (в среднем 40 дней), обеспечивает упрочнение раствора в наружных условиях с противоморозными добавками до 25-30% от марочной прочности, что как раз позволяет выдерживать нагрузку от 4-5 этажей. Теплоизоляция блока этажей каменной кладки обеспечивается заделкой проемов проектными оконными и дверными пакетами и омоноличиванием швов между плитами перекрытия бетонными смесями на тех же противоморозных добавках, что соответствует темпу каменных работ, который согласуется с прочностью растворной постели кладки нижележащего яруса «блока». Таким образом, организация потока каменных работ на здании разделится на следующие последовательные этапы:

- каменная кладка этажей блока на противоморозных добавках, которые обеспечивают надлежащую прочность «шва» кладки первых в блоке этажей;
- параллельно с кладочными работами осуществляется монтаж оконных и дверных блоков в проемах стен и производится монтаж отопительной системы здания по схеме «верхнего розлива» теплоносителя;
- термообработка «блока» кладки с контролем температур в утепленных помещениях здания и регулирование температуры теплоносителя для обеспечения заданной проектом прочности растворного шва к моменту окончания работ каменной кладки следующего по вертикали блока этажей здания.

Такая система последовательного включения в строительный поток и отделочного цикла позволяет, в конечном счете, сократить общий срок возведения здания. Блок-схема алгоритма расчетных процедур и обоснований приведена на рис. 1.



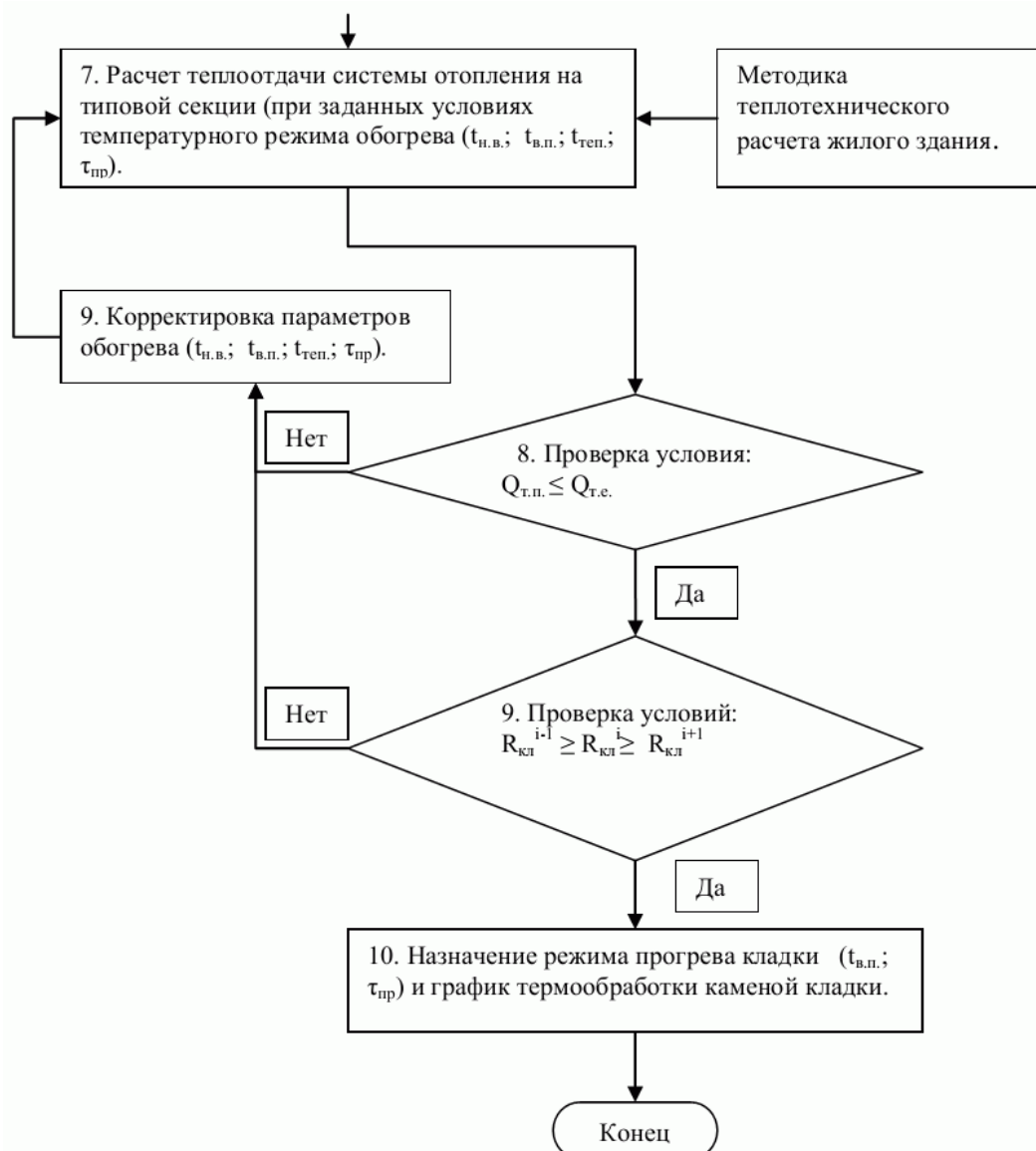


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчетов и обоснования термообработки каменной кладки в зимних условиях с использованием стационарной системы теплоснабжения жилого дома

Обозначения:

к оператору 3 блок-схемы: α – коэффициент теплопередачи у наружной поверхности стен в зависимости от скорости ветра; δ_i – толщина каждого слоя каменной кладки; λ_i – коэффициент теплопроводности материалов каждого слоя;

к оператору 4 блок-схемы: $V_{Т.Э}^{Сек}$ – объем секции типового этажа, m^3 ;
 a_i, b_i, c_i – соответственно длина, ширина и высота помещений секции, m ;
 n – количество помещений секции, изолированных между собой перегородками;

к оператору 7, 9, 10 блок-схемы: $t_{н.в.}$ – температура наружного воздуха, $^{\circ}C$;
 $t_{в.п.}$ – температура внутренних помещений при прогреве кладки, $^{\circ}C$;
 $t_{теп.}$ – температура теплоносителя, $^{\circ}C$; $\tau_{пр}$ – продолжительность прогрева, которая назначается исходя из требуемой прочности кладки для возведения последующих этажей здания, $ч$;

к оператору 8 блок-схемы: $Q_{т.п.}$ – теплопотери при кладке в зимних условиях, Вт; $Q_{т.е}$ – теплоотдача при обогреве внутренних помещений за счет конвективного тепла стационарной системы отопления здания, Вт;

$R_{кл}^{i-1}$ – прочность кладки предыдущего этажа здания, кгс/см²; $R_{кл}^i$ – проектная прочность кладки i -го этажа, кгс/см²; $R_{кл}^{i+1}$ – прочность кладки последующего этажа здания, кгс/см².

Данная технология обеспечивает непрерывность и поточность производства каменных работ без существенных технологических простоев и ожиданий, позволяя возводить жилое здание в 20 и более этажей в течение «октября - марта» месяцев планируемого периода по летней технологии каменных работ.

В современном мире эффективная организация работы невозможна без применения компьютерных технологий, исходя из этого по представленному выше алгоритму расчета термообработки каменной кладки в зимних условиях с использованием стационарной системы теплоснабжения жилого дома было разработано программное обеспечение позволяющее определить:

- коэффициенты теплопередачи наружных стен и перекрытий типовой секции;
- общие теплопотери при прогреве кладки в зимних условиях по каждому из помещений типовой секции;
- наиболее подходящий вид отопительного прибора (общая тепловая мощность системы прогрева, расчетная плотность типового потока) в зависимости от уровня теплопотерь;
- возможность установления оптимального режима прогрева кладки;
- а также – программа позволяет просматривать промежуточные результаты расчетов, настраивать интерфейс под нужды пользователя, дает возможность ввода всех входных данных, при необходимости, просмотр специальных таблиц и схем для их определения.

Интерфейс программы состоит из четырех вкладок, в каждой из которых реализована часть расчетов, одна из них представлена на рис. 2.

Все формулы расчета выведены в интерфейс, и при необходимости, пользователь может проверить результаты вручную. Результаты наиболее важных промежуточных расчетов и искомые значения выводятся около формул расчета.

Расчет термообработки «зимней кладки» предусматривается за счет конвективного обогрева прогреваемых помещений от системы отопления здания по «блокам» возведенных этажей.

Каменная кладка в зимних условиях

Коэффициент теплопередачи | Определение теплотерь | Параметры отопительного прибора | Определение количества отопительных приборов

Исходные данные

Расчет коэффициентов теплопередачи наружных стен и перекрытий типовой секции по следующей формуле:

$$K = \frac{C_b \gamma_b (t_{b,n} - t_{b,k}) + \Pi \Xi}{\tau M_n (t_{b,sp} - t_{n,v})}, \quad \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}}$$

где

C_b	0,25	удельная теплоёмкость бетона (приложение А), ккал/(кг·°C);
γ_b	2400	плотность бетона, чаще 2400кг/м3;
$t_{b,n}$		начальная температура бетона после укладки в опалубку;
$t_{b,k}$	5	температура бетона после остывания (для бетона без противоморозных добавок не ниже +5°C);
Π	300	расход цемента в бетоне, кг/м3;
Ξ	55	тепловыделение цемента во время твердения бетона за период остывания (принимается по приложению Б), ккал/кг;
τ	168	время остывания бетона (до $t_{b,k}$), ч;
M_n	3,3	модуль поверхности, м-1;
$t_{n,v}$	-20	температура наружного воздуха, °C;
$t_{b,sp}$		средняя температура за время остывания бетона, °C,

Начальная температура бетона после укладки в опалубку определяется по формуле:

$$t_{b,n} = t_{b,z} - \Delta t_{tp}, \quad \text{°C} = 25$$

где

$t_{b,z}$	33	температура поставляемого заводом бетона;
Δt_{tp}	8	температурные потери бетона при транспортировке;

Средняя температура за время остывания бетона определяется по формуле:

$$t_{b,sp} = t_{b,k} + \frac{t_{b,n} - t_{b,k}}{1,03 + 0,181 M_n + 0,006 (t_{b,n} - t_{b,k})} = 16,3231047953349$$

Введите необходимые значения и нажмите "Расчет"

Расчет

Расчет коэффициентов теплопередачи наружных стен и перекрытий типовой секции равен $K = 1,41526795951454$

Выход

Рис. 2. Вкладка «Определение коэффициента теплопередачи»

Сущность расчета приводится к следующему:

- определение общих теплотерь на период термообработки кладки и выбор мощности «теплогенератора», идентичный этим теплотерям;
- расчет потребного количества «приборов» обогрева, обеспечивающих требуемый температурный баланс процесса.

Эти расчеты и представлены последовательно на вкладках интерфейса программы. Также она позволяет определить необходимые организационно-технологические параметры при организации строительного потока каменных работ в зимних условиях согласно разработанному проекту и календарному графику работ.

Таким образом, принятая технология обеспечила реализацию возведения высотного здания в непрерывном режиме за период с октября по апрель с динамикой набора прочности кладочным раствором, согласующейся с ростом нагрузки на стены по ходу монтажа. Комплексный контроль прочности кладочного раствора, реализованный в зимних условиях, обеспечил безопасную технологию возведения здания.

Технология рекомендуется для последующего применения в практике строительства в условиях Республики Башкортостан многоэтажных жилых домов на основе кирпичной кладки в зимних условиях. Реализованная на примере 20 этажного дома, технология снимает, в значительной степени, ограничения главы 7 СНиП 2-22-81 как по возможности ведения кладочных работ способом замораживания без использования противоморозных добавок, так и с применением противоморозных добавок.

Представленный алгоритм и разработанное на его основе программное обеспечение позволяют определить общие теплотери на период термообработки кладки, выбор мощности «теплогенератора» и расчет потребного количества «приборов» обогрева, обеспечивающих требуемый температурный баланс процесса, что существенно сокращает время разработки проекта возведения здания.

Литература

1. СНиП П-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. М. Госстрой России, 1995. 134 с.
2. Федорцев И.В., Хуснутдинов Р.Ф. Методы и технология монолитного бетона в зимних условиях. Монография. Уфа: ООО «Монография», 2006. 135 с.
3. Федорцев И.В., Бабков В.В., Хуснутдинов Р.Ф. Монолитный железобетон. Учебное пособие. Уфа: ООО «Монография», 2008. 229 с.

**OPTIMIZATION MODELS OF HEAT TREATMENT PROCESS OF
MASONRY IN THE WINTER DUE TO A STATIONARY HEATING SYSTEM
CONSTRUCTED BUILDINGS IN OIL PRODUCTION INDUSTRY**

V.V. Babkov, I.V. Fedortsev, E.A. Sultanova¹

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

e-mail: ¹katerina.sultanova@gmail.com

***Abstract.** In this work we propose a new method of the heat treatment of the masonry in the winter and the algorithm for masonry work-flow management that reduces overall the building construction time. There are developed software under the proposed algorithm, calculating the heat treatment of masonry in winter conditions with stationary heating system. This software automates the thermal engineering calculations and the necessary organizational and technological parameters of the organization of building flow, which greatly optimizes the performance of the project.*

***Keyword:** heat treatment method, masonry, optimization models, stationary heating system, technological modes, concrete strength development*

References

1. SNiP II-22-81. Kamennye i armokamennye konstruktsii (Rock and reinforced masonry structures). Moscow, Gosstroj Rossii, 1995. 134 p.
2. Fedortsev I.V., Khusnutdinov R.F. Metody i tekhnologiya monolitnogo betona v zimnikh usloviyakh (Methods and technology of cast reinforced concrete under winter conditions). Ufa, Monografiya, 2006. 135 p.
3. Fedortsev I.V., Babkov V.V., Khusnutdinov R.F. Monolitnyi zhelezobeton. Uchebnoe posobie (Cast reinforced concrete. Textbook). Ufa, Monografiya, 2008. 229 p.