

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКТИВНОЙ ФОРМЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ НА ЕЁ РАЦИОНАЛЬНОСТЬ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ

обоснование с учетом эксплуатационных расходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышников, А. В. Учет факторов и методика поиска рациональной конструктивной формы металлоконструкций с учетом приведенных затрат [Электронный ресурс] / А. В. Барышников, И. В. Харламов // X Всероссийская науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь-2013»: сборник науч. статей. – Барнаул. – 2013. – Режим доступа: http://edu.secna.ru/media/f/stroy_konstr_tez_2013.pdf.

2. Лихтарников, Я. М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций / Я. М. Лихтарников. - М.: Стройиздат, 1979. – 319 с.

3. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2011618978 «Приведенная стоимость металлоконструкций (Present cost of metal structures)».

Барышников А.В. – аспирант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

Харламов И.В. – к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: hiv@mail.altsttu.ru.

УДК 637.431

ПРОГРАММИРОВАНИЕ В MICROSOFT EXCEL ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЁТА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

И. А. Бахтина, В. В. Соколова

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Рассмотрены основные этапы расчёта при проектировании систем отопления зданий, особенности программ по расчёту инженерных систем в учебных заведениях, разработан программный продукт для теплотехнического расчёта наружных ограждающих конструкций в среде Microsoft Excel с использованием языка программирования Visual Basic.

Ключевые слова: системы отопления, теплотехнический расчёт, программа, операторы Microsoft Excel, программа Visual Basic.

Системы отопления здания относятся к наиболее сложным и энергоёмким инженерным системам. Данные системы должны быть надёжными, безопасными, органично вписываться в дизайн помещения. Безусловно, самым ответственным этапом внедрения систем отопления является их проектирование. Ошибки проектирования могут привести к перерасходу теплоносителя и нарушению температурного режима здания («перетопу» или понижению температуры помещений), большому гидравлическому давлению (в этом случае система может стать опасной) и т.п.

Проектирование систем отопления – многостадийный процесс, который включает в себя основные расчёты:

- 1) теплотехнический расчёт наружных ограждений;
- 2) расчёт тепловых потерь помещений;
- 3) гидравлический расчёт системы;
- 4) расчёт секций отопительных приборов;
- 5) подбор необходимых приборов и оборудования (насосов, элеваторов, кранов и т.п.).

Все этапы, кроме последнего, включают в себя многоэтапные и сложные расчёты. При этом необходимо учитывать достаточно большое количество разнообразных факторов: климатическую зону, особенности конструкций наружных ограждающих конструкций, их ориентацию и т.п. Поэтому при проектировании в организациях используют различные программные продукты и комплексы программ, позволяющие рассчитывать инженерные системы полностью, а также программы-помощники. Как правило, проектировщики используют привычные для себя программы и знают все нюансы расчётов. Однако, безусловно, для этого необходим опыт и навыки. В учебных заведениях в рамках аудиторных занятий невозможно усвоить теоретический материал, приобрести практические навыки и сразу стать опытным проектировщиком. Поэтому программы для расчета инженерных систем, в том числе систем отопления, используемые в учебных заведениях, должны отличаться от профессиональных программ, используемых в проек-

ных организациях. Эти отличия, на наш взгляд, заключаются в следующем:

1) программа должна быть стадийной, т.е. весь расчёт должен быть разбит на небольшие этапы, чтобы увидеть все особенности и нюансы расчёта;

2) программа должна предоставлять средства для изменения одного параметра, при неизменных других, что даёт возможность будущему специалисту «почувствовать» влияние отдельного параметра на общий результат расчёта и выявить наиболее важные параметры. Всё это позволяет будущему специалисту «разбудить» в себе исследователя;

3) программа должна иметь привлекательный и простой интерфейс, развивая эстетический вкус будущего инженера.

Самым простым инструментом таких расчётов является табличный процессор Microsoft Excel. Он даёт возможность производить достаточно сложные вычисления практически по любым математическим формулам. Кроме того, в нём имеются функции логического программирования: «если-то-иначе», «и», «или» и т.п. Также можно использовать различные элементы, расширяющие диапазон операций, такие как: «поле со списком», «кнопка», «флажок», «переключатель» и т.д. Алгоритм составления программа в табличном процессоре Microsoft Excel достаточно простой. Для этого необходимо пошагово вводить формулы в соответствующие ячейки, проверяя правильность вычислений и контролируя чётко конечный результат. Для того чтобы избежать случайной «порчи» пользователем формул при расчётах в Microsoft Excel имеется возможность защитить как отдельную ячейку, так и весь документ. В итоге получается достаточно простой программный продукт с примитивным интерфейсом, позволяющий пользователю вводить необходимые данные и быстро получать результаты расчёта.

Однако работа в Microsoft Excel в чистом виде программированием не является. Для этого существует встроенный в Microsoft Excel язык программирования Visual Basic, который даёт более возможности для осуществления инженерных расчётов.

В настоящей работе представлена программа теплотехнического расчёта наружных ограждений, который является первым этапом при изучении основ проектирования систем отопления. Сущность данного расчёта заключается в определении коэффициентов теплопередачи наружных ограждающих кон-

струкций (наружных стен, потолка верхнего этажа, пола первого этажа, окон, входных дверей). Для этого, задаваясь требуемым термическим сопротивлением, выбирают материал утеплителя, рассчитывают его толщину, далее округляют до стандартного значения и уточняют термическое сопротивление, которое является обратной величиной коэффициента теплопередачи. Все вышеперечисленные этапы для каждого вида наружной ограждающей конструкции были включены в разработанный программный продукт. Расчёты произведены на основании СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий и СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология.

Разработанный программный продукт реализован в среде Microsoft Excel с использованием объектно-ориентированного языка программирования Visual Basic (VBA Excel).

На первом этапе задаются исходные данные с использованием инструментов Microsoft Excel: поле с выпадающим списком, функция «индекс». Для выбранного района проектирования автоматически выбираются из СП и отображаются на экране необходимые данные для расчёта (средняя температура наружного воздуха отопительного периода, средняя расчётная температура самой холодной пятидневки, продолжительность отопительного периода) и с их учётом рассчитываются ГСОП и требуемое термическое сопротивление для каждого вида наружной ограждающей конструкции (рисунок 1). Далее для наружной стены, пола, потолка выбирается тип утеплителя, покрытия, материала стены и т.п. с использованием инструментов Microsoft Excel (рисунок 2). При нажатии на кнопку «расчёт» производится вычисление толщины утеплителя и округление её до стандартного значения, общей толщины наружного ограждения, фактического термического сопротивления (рисунок 3). Для расчета разработана процедура VBA Excel.

Далее вычисляется отклонение фактического термического сопротивления от требуемого по формуле

$$\frac{|R_{mp}^0 - R_{\phi}^0|}{R_{mp}^0} \cdot 100\%,$$

где R_{mp}^0 – требуемое термическое сопротивление, (м²·°C)/Вт; R_{ϕ}^0 – фактическое термическое сопротивление, (м²·°C)/Вт.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ В MICROSOFT EXCEL ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЁТА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Исходные данные	
город	Рубцовск*
$t_{в}$ - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания	20 °С
$t_{от}$ - средняя температура наружного воздуха отопительного периода	-7,5 °С
$t_{х}$ - расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, принимается как средняя расчетная температура самой холодной пятидневки	-36 °С
$Z_{от}$ - продолжительность отопительного периода, сут	213
Расчётные данные	
Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °С·сут/год	5747,4
$гсоп = (t_{в} - t_{от})Z_{от}$	
Требуемое термическое сопротивление теплопередаче	
$R_{тр}^0 = a \cdot ГСОП + b$	
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, инт...	

Исходные данные	
город	Барнаул*
$t_{в}$ - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания	20 °С
$t_{от}$ - средняя температура наружного воздуха отопительного периода	-7,5 °С
$t_{х}$ - расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, принимается как средняя расчетная температура самой холодной пятидневки	-36 °С
$Z_{от}$ - продолжительность отопительного периода, сут	213

Расчётные данные

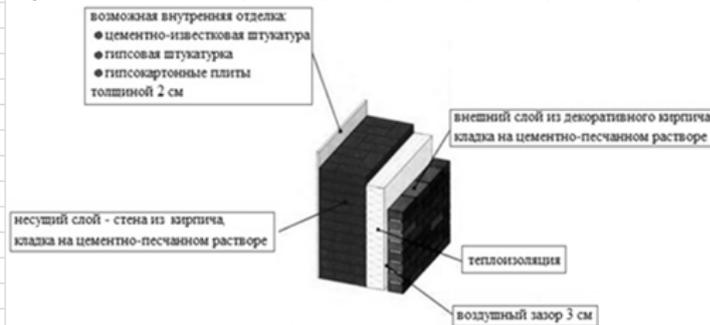
Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °С·сут/год	
$гсоп = (t_{в} - t_{от})Z_{от}$	5857,5 °С·сут/год
Требуемое термическое сопротивление теплопередаче	
$R_{тр}^0 = a \cdot ГСОП + b$	

Стена

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче	
$R_{тр}^0 = a \cdot ГСОП + b$	3,45 м ² ·°С/Вт

Рисунок 1

Кирпичная стена



Слой ограждающей конструкции

№ слоя	Материал	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м ² ·°С)	Толщина, δ , м
1	внешний слой из кирпича	1600	0,58	0,12
2	теплоизоляционный материал	200	0,07	0,2
3	несущий слой	1600	0,58	0,38
4	внутренняя отделка	1600	0,7	0,02

Рисунок 2

Расчет толщины утеплителя из теплоизоляционного материала и уточнение термического сопротивления теплопередачи производится по формуле:

$$R_{тр}^0 = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{вн}}$$

расчёт

Результаты

предварительная толщина утеплителя, δ	0,165266 м
уточнённая толщина утеплителя, δ	0,2 м
суммарная толщина стены, δ	0,72 м
требуемое термическое сопротивление теплопередачи, $R_{тр}^0$	3,45 м ² ·°С/Вт
фактическое термическое сопротивление теплопередачи, $R_{ф}^0$	3,906204 м ² ·°С/Вт
отклонение $\frac{ R_{тр}^0 - R_{ф}^0 }{R_{тр}^0} \cdot 100\%$	14,55143 %

Рисунок 3

Вывод
допустимое отклонение, материалы и их толщина подобраны экономично

Рисунок 4

Вывод
большое отклонение, для экономии средств рекомендуется подобрать другие материалы или их меньшую толщину

Рисунок 5

Окно, балконная дверь



Заполнение светового проёма	Материал переплёта
Тройное остекление в раздельно-спаренных переплётах	Дерево или ПВХ
Термическое сопротивление теплопередачи, R_{ϕ}^0	0,56 м ² ·°С/Вт

Входная дверь

Термическое сопротивление теплопередачи рассчитывается по формуле: $R_{np}^0 = 0,6 \frac{n(t_{в} - t_{н})}{\Delta t_{н} \alpha_{н}}$

n коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, для наружных стен и покрытий $n = 1$

$\Delta t_{н}$ нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, для наружных стен $\Delta t_{н} = 4$ °С



Термическое сопротивление теплопередачи, R_{ϕ}^0	0,965517241 м ² ·°С/Вт
---	-----------------------------------

Рисунок 6

Сводная таблица теплотехнического расчёта

Наименование ограждающей конструкции	Термическое сопротивление теплопередачи, R_{ϕ}^0 , м ² ·°С/Вт	Коэффициент теплопередачи, k , Вт/(м ² ·°С)
стена Монолитная стена	4,234717	0,24
пол	4,732285	0,21
потолок	5,572879	0,18
окно, балконная дверь	0,56	1,79
входная дверь	0,965517	1,04

Рисунок 7

По полученному значению отклонения автоматически формируется и выводится на экран один из выводов. Если данное отклонение менее 10 %, то выдаётся вывод (рисунок 4). Если отклонение более 10%, то следует вывод (рисунок 5). Данное отклонение не нормируется какими-либо документами, но исходя из экономических соображений, чем ближе R_{ϕ}^0 к R_{tr}^0 , тем меньше толщина, а, следовательно, затраты на утеплитель. Таким образом, реализованный в программе расчёт даёт пользователю возможность, изменяя материал утеплителя, покрытие, вид покрытия и т.п., увидеть изменение термического сопротивления при расчётах и проана-

лизировать его зависимость от исходных данных.

Для окон и балконных дверей с использованием инструментов Microsoft Excel выбирается заполнение светового проёма и материал и, в соответствии с заданными данными, рассчитывается его термическое сопротивление. Для входных дверей термическое сопротивление рассчитывается по формуле, отображаемой на экране (рисунок 6). Результаты всех произведенных расчетов отображаются на экране в форме итоговой таблицы, где для каждого наружного ограждения выводится термическое сопротивление и коэффициент теплопередачи (рисунок 7).

Разработанный программный продукт не является универсальным, т.к. не позволяет рассмотреть все виды наружных стен, расчёт пола – бетонной стяжки и т.п. Однако использование его в учебных заведениях позволяет упростить и ускорить изучение теплотехнического расчёта, сформировать у пользователей навыки исследователя путём варьирования различными параметрами. Будущие специалисты получают более сформированные навыки проектировщиков, т.к. большинство программ, применяемых в проектных организациях, построены по аналогичному признаку.

В дальнейшем возможно расширение функциональных возможностей программы, включением в неё расчёта других видов наружных ограждений.

Бахтина И.А. – к.т.н., доцент кафедры «Теплотехника, гидравлика и водоснабжение и водоотведение» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: bia-altai@mail.ru.

Соколова В.В. – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: vvsok@rambler.ru.

УДК 693.547.3

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УСТРОЙСТВА МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ВОЗДУХА

О. В. Буйко

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

В условиях современного строительного рынка часто требуется возведение объектов гражданского и транспортного строительства в сжатые сроки, несмотря на неблагоприятные погодные условия. Опыт ведения бетонных работ в условиях отрицательных температур был накоплен еще в советские годы. Однако вопросы интенсификации процессов твердения бетона путем применения противоморозных и комплексных модификаторов, как самостоятельно, так и совместно с различными методами тепловой обработки, остаются актуальными.

Ключевые слова: *теплый бетон, холодный бетон, бетонная смесь, реология, прочность, прогрев, противоморозные добавки, отрицательные температуры.*

На применении химических добавок с эффектом антифриза базируются методы безобогревной укладки в зимних условиях бетона на рядовом портландцементе. Благодаря этому при отрицательных температурах в бетонной смеси сохраняется жидкая фаза и минералы портландцемента могут гидратировать, обеспечивая этим твердение бетона на морозе.

В соответствии с ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия» противоморозные добавки разделяются на модификаторы для «холодного» и «теплого» бетона:

— «холодный» бетон: изготовленный из бетонной смеси с противоморозной добавкой, постоянно твердеющий при отрицательной температуре. Противоморозные добавки для «холодного» бетона должны обеспечить набор прочности бетонами в возрасте 28 суток

30% и более контрольного состава нормального твердения

— «теплый» бетон: изготовленный из бетонной смеси с противоморозной добавкой, обеспечивающей незамерзание смеси при отрицательной температуре на время от ее изготовления до начала обогрева забетонированной конструкции. Противоморозные добавки для «теплого» бетона должны обеспечить набор прочности бетонами в возрасте 28 суток 95% и более контрольного состава нормального твердения.

Ввиду особенностей вещественного состава активных компонентов, обеспечивающего основной эффект действия, при выборе противоморозных добавок необходимо обеспечить соблюдение следующих требований ГОСТ 31384 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования»: