

таким образом, чтобы расстояние между верхним краем нижнего зажима и центром верхнего зажима составляло  $(70 + 2)$  мм. Равномерно закрывают и затягивают верхний зажим, обеспечивая, чтобы приложенный полный крутящий момент был равен  $4900 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ .

#### Список использованных источников

1. Обувь. Требования к характеристикам деталей обуви. Геленки : ГОСТ Р 56966-2016. – Введен впервые. ; введ. 01.01.2017. – Москва : Стандартиформ, 2016 – 7 с.
2. Борисова, Т. М. Устройство для испытания геленков, стелечных узлов и готовой обуви на жесткость и упругость / Т. М. Борисова, В. Е. Горбачик. – Вестник ВГТУ. – Витебск, 2011. – 34–36 с.
3. Композиты полимерные. Метод определения характеристик усталости в условиях циклического нагружения : ГОСТ 33845-2016. – введ. 01.01.2017. – Москва : Стандартиформ, 2016 – 45 с.
4. Горбачик, В. Е. Прибор для исследования динамических характеристик геленочной части стелек обуви / В. Е. Горбачик, А. Л. Ковалёв // Метрологическое обеспечение, стандартизация и сертификация в сфере услуг: международный сборник научных трудов / ЮРГУЭС. – Шахты, 2006. – С. 108–109.
5. Обувь. Методы испытаний геленков. Усталостная прочность : ГОСТ Р ИСО 18895-2016. – Введен впервые. ; введ. 01.01.2017. – Москва : Стандартиформ, 2016 – 7 с.

УДК 621.1

## ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОПАРОЧНЫХ ЯМНЫХ КАМЕР

**Митронов В.А., студ., Лемешев А.С., студ., Семенник В.Э., студ.,  
Жерносек С.В., к.т.н., доц., Марущак А.С., асс.**

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Работа направлена на создание и усовершенствование прогрессивных технологий производства строительных материалов и изделий путем оптимизации материальных и энергетических затрат на этапах тепло-влажностной обработки. Выполнен расчет теплового баланса для установок периодического действия в периодах нагрева и изотермической выдержки с подробным расчетом составляющих статей энергобаланса пропарочных ямных камер (расход теплоты на нагрев изделий, металлической формы, ограждений, восполнение потерь теплоты в окружающую среду).

Ключевые слова: тепло-влажностная обработка, пропарочные камеры, тепловой баланс, режимы обработки.

При производстве строительных изделий, деталей и материалов традиционно применяют тепло-влажностную обработку (ТВО). В результате обоснованно выбранных параметров ТВО сырье приобретает высокие показатели качественных свойств, определяемых требованиям к строительным изделиям. Это происходит за счет физических и физико-химических превращений в обрабатываемом материале, течение которых зависит от воздействия тепла [1–4]. Известно, что около трети от стоимости строительных изделий составляют затраты на их ТВО, что составляет до 80 % всех топливно-энергетических ресурсов, расходуемых на технологический процесс.

При производстве бетонных и железобетонных изделий важную роль играет тепло-влажностная обработка, которая непосредственно влияет на все технологические этапы структурообразования, что сказывается на качестве готового изделия.

В целях снижения расхода тепловой (электрической) энергии следует максимально использовать возможности: тепловой инерционности установок и осуществления за счет этого термосного выдерживания разогретых изделий; учета набора прочности в период межсменных перерывов, включая выходные и праздничные дни, и снижения за счет этого максимальной температуры разогрева изделий; учета набора прочности бетона, в том числе после распалубки изделий, при выдерживании в цехе на специальных площадках или в камерах «дозревания»,

а также в период хранения на складах; применения цементов с более высоким показателем активности при пропаривании, а также быстротвердеющих цементов; применения химических добавок, интенсифицирующих твердение бетона при тепловом воздействии [5–6].

Для ускоренного твердения изделий используются установки для ТВО, которые выбираются в зависимости от технологической схемы производства, объема и типа выпускаемых изделий. На филиале «Завод сборного железобетона № 3 г. Витебска» ОАО «Кричевцементношифер» применяются установки периодического действия (ямные камеры), в качестве теплоносителя планируется применять насыщенный пар.

Теплотехнический расчет выполнен на основе составления теплового баланса камер ТВО, основанного на законе сохранения энергии и позволяющего определить часовой расход теплоносителя, его удельный расход на 1 м<sup>3</sup> бетона и другие показатели [1–7].

Тепловой баланс для установок периодического действия составляют на период нагрева и период изотермической выдержки с подробным расчетом отдельных статей, основными из которых являются: расход теплоты на нагрев изделий, металлической формы, ограждений, восполнение потерь теплоты в окружающую среду. В расчете использована методика составления теплового баланса, разработанная Национальным исследовательским Московским государственным строительным университетом, кафедрой технологии вяжущих веществ и бетонов [1].

Режимы тепловой обработки изделий из тяжелого бетона, теплотехнические свойства строительных материалов, необходимые для расчетов, выбраны согласно рекомендациям (табл. 1–3) [1, 8–12].

Таблица 1 – Режимы тепловой обработки изделий из тяжелых бетонов при температуре изотермической выдержки 80–85 °С

Класс (марка) бетона	Режим тепловой обработки, ч, при толщине бетона в изделии, мм		
	до 160	до 300	более 300
V15 (M200)	11 (3,5 + 5,5 + 2)	12 (3,5 + 6,5 + 2)	13 (3,5 + 6,5 + 3)
V22,5 (M300)	9 (3 + 4 + 2)	10 (3 + 5 + 2)	11 (3,5 + 5 + 2,5)
V30 (M400)	8,5 (3 + 3,5 + 2)	9,5 (3 + 3,5 + 2)	10 (3 + 4,5 + 2,5)
V37,5 (M500)	8 (3 + 3 + 2)	9 (3 + 4 + 2)	10 (3 + 3,5 + 2,5)
V45 (M600)	7 (3 + 2 + 2)	8 (3 + 3 + 2)	8 (3 + 3,5 + 2,5)

Таблица 2 – Теплотехнические свойства некоторых материалов

Материал	В сухом состоянии			Во влажном состоянии	
	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Удельная теплоемкость, кДж / (кг · °С)	Коэффициент теплопроводности, Вт / (м · °С)	Влажность, %	Коэффициент теплопроводности, Вт / (м · °С)
Железобетон	2500	0,8	1,69	3	2,04
Бетон	2400	0,84	1,51	3	1,86
Сталь	7800	0,48	50	–	–
Грунт (супесь плотная)	1900	0,62	0,7	7	0,8

Таблица 3 – Тепловыделение цемента при твердении за 28 суток в нормальных условиях

Марка цемента	500	400	300
$q_{экз}$ , ккал/кг	120	100	80
$q_{эк}$ , кДж/кг	502	419	335

В соответствии с инструкцией по назначению режимов ТВО на заводах сборного железобетона, рекомендациями по тепловой обработке, нормами технологического проектирования в зависимости от вида и марки применяемого цемента, водоцементного отношения, толщины изделия, коэффициента теплопроводности, длительности предварительной выдержки назначают режим ТВО, который может быть принят на основании нормативной литературы или на основании расчетов в период нагрева, изотермической выдержки и охлаждения. Расчет изменения температур выполняют ежечасно, принимая во внимание тепло экзотермических реакций цемента, вычисляемое по методике Н. Б. Марьямова. На основании выбранного режима ТВО обработки и мощности линии рассчитывают необходимое количество тепловых установок и их размеры для обеспечения проектной производительности [2–7].

Результаты расчета пропарочных камер филиала «Завод сборного железобетона № 3 г. Витебска» ОАО «Кричевцементношифер» представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты теплотехнического расчета пропарочных ямных камер

Параметр	Обозначение	Расчетное значение	Единица измерения
Обобщенные результаты по тепловому балансу			
Общий расход пара за период нагрева	$M_{\text{тв об}}$	4394,48	кг
Часовой расход пара за период нагрева	$M_{\text{тв ч}}$	1464,83	кг/ч
Средний удельный расход пара за период нагрева	$M_{\text{уд}}$	31,13	кг/м <sup>3</sup>
Общий расход пара за период выдержки	$M_{\text{об}}$	9913,18	кг
Часовой расход пара за период выдержки	$M_{\text{ч}}$	3304,39	кг/ч
Средний удельный расход пара за период выдержки	$M_{\text{уд}}$	70,24	кг/м <sup>3</sup>
Общий расход пара	$M_{\text{об}}$	14307,66	кг
Среднечасовой расход пара	$M_{\text{ч}}$	2384,61	кг/ч
Среднечасовой расход газа	$X_{\text{ч}}$	611,25	м <sup>3</sup> /ч
Средний удельный расход газа	$X_{\text{уд}}$	25,98	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>

#### Список использованных источников

1. Тепловые агрегаты и установки [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство / О.Ю. Баженова [и др.] ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра технологии вяжущих веществ и бетонов. – Электрон. дан. и прогр. (3,3 Мб). – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. – Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru/>.
2. Алимов, Л. А. Технология строительных изделий и конструкций : Бетонведение : учебник для вузов / Л. А. Алимов, В. В. Воронин. — Москва : Академия, 2010. – 425 с.
3. Баженов, Ю. М. Технология бетона / Ю. М. Баженов. – Москва : АСВ, 2011. — 528 с.
4. Малинина, Л. А. Тепловлажностная обработка тяжелого бетона / Л. А. Малинина. – Москва : Стройиздат, 1977. – 159 с.
5. Рекомендации по тепловой обработке тяжелого бетона с учетом активности цемента при пропаривании. – Москва : Госстрой СССР, 1984. – 20 с.
6. Рекомендации по снижению расхода тепловой энергии в камерах для тепловлажностной обработки железобетонных изделий. – Москва : Стройиздат, 1984. – 56 с.
7. Баженов, Ю. М. Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий / Ю. М. Баженов, Л. А. Алимов, В. В. Воронин, Н. В. Трескова. – Москва : АСВ, 2005. – 472 с.

8. СН 513-79. Временные нормы для расчета расхода тепловой энергии при тепловлажностной обработке сборных бетонных и железобетонных изделий в заводских условиях. – Москва : Стройиздат, 1980. – 48 с.
9. СНиП 3.09.01-85. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий / Госстрой России. – Москва : ФГУП ЦПП, 2005. – 44 с.
10. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – Москва, 2005. – 140 с.
11. Строительные материалы : справочник / А.С. Болдырев [и др.] ; под ред. А. С. Болдырева, П. П. Золотова. – Москва : Стройиздат, 1989. – 567 с.
12. Михеев, М. А. Основы теплопередачи : учебник / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – Москва : Энергия, 1977. – 344 с.

УДК 621.3.087.351:004.9

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ DIALux**

***Мацуганов И.Д., студ., Семагин Н.А., студ., Гусаров А.М., к.т.н., доц.,  
Столяренко В.И., асп., асс.***

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Рассмотрена возможность использования САПР для расчета осветительной установки промышленного предприятия. Разработана методика расчета осветительной установки с использованием программы DIALux. Проанализированы преимущества программы перед ручным расчетом проекта.

Ключевые слова: светотехника, САПР, DIALux, освещение, осветительная установка промышленного предприятия.

Светотехнические расчеты – это важная и неотъемлемая часть проектирования освещения. Вычисления нужны, для разработки осветительной системы, которая будет учитывать особенности объекта и санитарно-гигиенические нормы. Для промышленных предприятий и государственных структур особенно важен поиск энергоэффективных решений. Светотехнический расчет решает указанную проблему, поскольку помогает выбрать наиболее экономичное решение системы освещения.

При изучении дисциплины «Электрическое освещение» будущему специалисту на завершающем этапе необходимо выполнить курсовой проект, который включает в себя разработку осветительной установки промышленного предприятия. Цель выполнения данной работы состоит в разработке проекта осветительной установки в соответствии с индивидуальным заданием, формирующей такую световую среду, которая бы обеспечивала светотехническую эффективность освещения с учетом требований физиологии зрения, гигиены труда и техники безопасности. [1]

До появления специализированных САПР расчет освещения был связан с разнообразными графиками, таблицами и диаграммами. Это был довольно сложный и длительный процесс, к тому же подверженный значительному влиянию «человеческого фактора», а проще говоря, ошибкам и упущениям на всех этапах расчета. Более эффективный подход – использование автоматизированных вычислений программного обеспечения, позволяющих специалисту сосредоточиться на лучших решениях, в то время как компьютер обрабатывает повторяющиеся задачи.

К счастью, развитие систем САПР не обошло стороной и светотехнику, благодаря чему уже в 90-е годы прошлого века существовало множество бесплатных программ для быстрого и эффективного расчёта и планирования освещения. Основным стандартом в этой области стал пакет DIALux от немецкой компании DIAL GMBH. Несмотря на наличие множества пакетов программного обеспечения для освещения, DIALux имеет преимущество в том, что он свободно распространяется, оставаясь мощным инструментом проектирования. Однако для того, чтобы правильно воспользоваться программой и получить от неё полезный, адекватный результат, от