

времени – 16, датчик температуры – 17, усилитель и задатчик – 18, регулирующий газовый клапан – 19, регулятор частоты вращения вентилятора – 20, разъединитель – 21, датчик звука – 22, размыкатель – 23, кнопка отключения блокировки – 24, пружины – 25, внешняя электросеть – 26, контакты искры запальника – 27, контакты подачи запальника – 28. Штриховкой обозначены неподвижные контакты.

Работает автоматизированный водонагреватель следующим образом. Холодная вода подается через коллектор 5 в теплообменник 4, а затем стекает в желоба 6, где замыкает электроконтакты 12 электрической цепи пускового реле 13, которое замыкает питающую цепь, последовательно включая: запальник 8, вентилятор 10, соленоид 14, отсечной газовый клапан 15 (регулирующий газовый клапан 19 открыт), разъединитель 21. Для продувки аппарата воздухом предусмотрено реле времени 16, которое обеспечивает задержку открытия отсечного газового клапана 15. После открытия отсечного газового клапана 15 топливо по топливopоводу 3 поступает к горелке 2, где воспламеняется запальником 8. Вода, проходя теплообменник 4, нагревается и по желобам 6 поступает в сборник горячей воды 7, где установлен датчик температуры 17, сигнал от которого, проходя усилитель и задатчик 18, служит для управления регулирующего газового клапана 19 и регулятора частоты вращения вентилятора 20. Контроль процесса горения осуществляется датчиком звука 22, который преобразует колебания давления при слоевом пульсирующем горении в эквивалентные им электрические. Сигнал от датчика звука 22, проходя усилитель и задатчик 18, управляет соленоидом 14, соединенным с размыкателем 23. При погасании пламени цепь соленоида 14 размыкается, и пружины 25 размыкают разъединитель 21. Электрическая цепь размыкается и закрывается отсечной газовый клапан 15. Прекращается подача топлива, отключается подача воздуха. Для запуска аппарата необходимо снять блокировку нажатием

кнопки снятия блокировки 24. При пуске включаются контакты подачи запальника 28, запальник 8 вводится в корпус 1, замыкаются контакты искры запальника 27, газ у горелки 2 воспламеняется, включается датчик звука 22, размыкаются контакты подачи запальника 28, запальник 8 удаляется из корпуса 1 и одновременно размыкаются контакты искры запальника 27.

Технико-экономический эффект заключается в обеспечении оптимальности и безопасности работы контактного нагревателя за счет автоматизации процесса пуска, горения и нагрева воды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Соснин Ю.П. Контактные водонагреватели.—М.: Стройиздат, 1974.—359 с.
2. Подымов В.Н., Северянин В.С., Щелоков Я.М. Прикладные исследования вибрационного горения.— Казань: Изд-во КГУ, 1978.— 219 с.
3. Патент ВУ 1468U, F 24H 1/00. Водонагреватель/ Северянин В.С., Тимошук А.Л.— заявл. 04.08.2003, опубл. 30.09.2004.
4. Bai T., Cheng X.C., Daniel B.R., Jagoda J.I. and Zin B.T. Performance of a Gas Burning Rijke Pulse Combustors with tangential Reactants injection // Proceedings of the International Symposium on Pulsating Combustion. August 5–8, 1991.— Vol.1— Monterey, California, USA.
5. Карпов Ю.В., Дворянцева Л.А. Защита от шума и вибраций на предприятиях химической промышленности.— М.: Химия, 1991.— 120 с.
6. Патент ВУ 1469U, F 23D 14/00. Горелка/Северянин В.С., Тимошук А.Л.— заявл. 08.12.2003, опубл. 30.09.2004.
7. Галустов В.С. Прямоточные распылительные аппараты в теплоэнергетике.— М.: Энергоатомиздат, 1989.— 240 с.

УДК 624.042.5

Кофанов В.А.

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ТРЕХСЛОЙНУЮ ОГРАЖДАЮЩУЮ КОНСТРУКЦИЮ

ВВЕДЕНИЕ

Очень часто наружные стены зданий выполнены с использованием цементосодержащих защитно-отделочных покрытий. В результате сложного взаимодействия этих покрытий с окружающей средой и материалом защищаемой конструкции они довольно быстро теряют способность выполнять свои функции и разрушаются с наружной поверхности или отслаиваются по ослабленным зонам.

Считается [1, 2 и др.], что для обеспечения длительной совместной работы стыкуемых материалов конструкции в заданных условиях эксплуатации они должны быть близкими по своим свойствам. Однако при этом достаточно сложно ответить на вопрос о том, в какой мере и какие свойства соединяемых материалов должны совпадать.

Деградация капиллярно-пористых материалов ограждающих конструкций тесно связана с их температурно-влажностным и напряженно деформированным состоянием, которые формируются в толще конструкции при нестационарных процессах переноса тепла и влаги. Поэтому долговечность совместной работы соединяемых материалов слоистой конструкции при заданных условиях эксплуатации, в основном, будут определяться соотношением показателей, отража-

ющих их теплотехнические, физико-механические и капиллярные свойства, а также толщиной слоев.

В данной работе расчетным путем с помощью разработанных нами моделей [3, 4], выполнена оценка влияния отмеченных факторов на температурно-влажностное и напряженно-деформированное состояние выбранной двухслойной ограждающей конструкции, эксплуатируемой в климатических условиях г. Бреста. В указанные модели были введены дополнительные зависимости, учитывающие влияние атмосферных осадков.

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Для учета влияния атмосферных осадков на влажосодержание материалов ограждающих конструкций необходимо располагать данными о количестве жидкой влаги, попадающей на поверхность ограждения во время дождя. Количество жидкой влаги, попадающей на эту поверхность, зависит от интенсивности дождевого потока на эту поверхность, который в свою очередь зависит от различных факторов, среди которых следует отметить скорость ветра и положение поверхности ограждения относительно поверхности земли.

Кофанов Валерий Анатольевич, аспирант кафедры строительной механики Брестский государственный технический университет.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Таблица 1. Свойства материалов конструкции

Показатель	Размерность	Цементно-известковый раствор	Пенопласт	Ячеистый бетон
Теплопроводность	Вт/(м·°С)	0,8+0,064·W	0,05	0,14+0,0042·W
Теплоемкость	кДж/(кг·°С)	0,85+0,042·W	1,68	0,85+0,042·W
Коэффициент сорбции воды	кг/(м ² ·с ^{0,5})	0,03	—	—
Коэффициент паропроницания	г/(м·ч·Па)	0,9·10 ⁻⁴	1,3·10 ⁻⁴	1,7·10 ⁻⁴
Начальный модуль упругости	ГПа	20	0,015	2,1
Коэффициент линейного температурного расширения	(1/град)	12·10 ⁻⁶	0	8·10 ⁻⁶
Коэффициент усадки	(1/%)	0,6·10 ⁻³	1·10 ⁻³	2·10 ⁻⁵

Примечание: W – массовое отношение влаги, %.

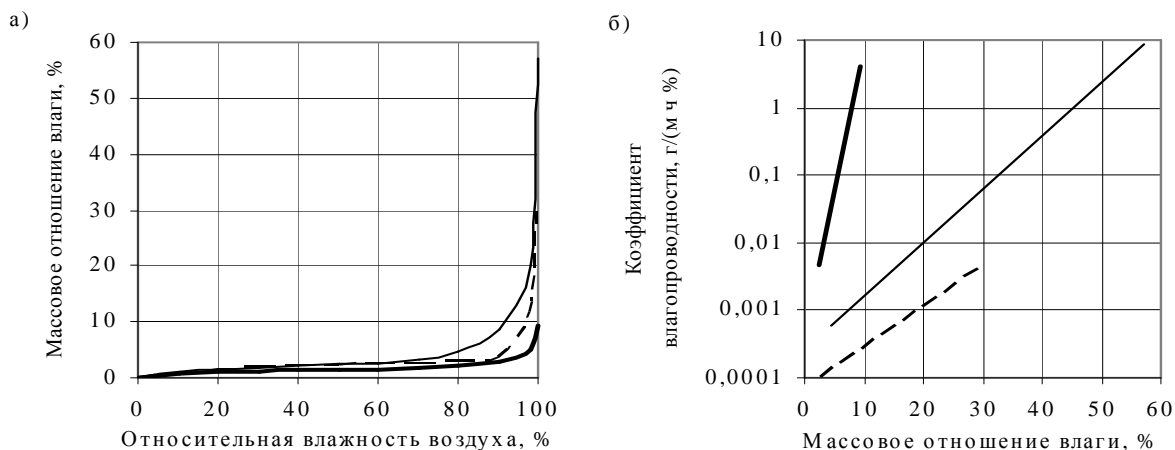


Рис. 1. Изотерма сорбции (а) и зависимость коэффициента влагопроводности от влагосодержания (б) цементно-известкового раствора (—), пенопласта (-----) и ячеистого бетона (—·—·—).

Интенсивность дождевого потока на вертикальную поверхность материала g_{wv} будем определять по формуле:

$$g_{wv} = K \cdot g_{wh}, \quad (1)$$

где g_{wh} – интенсивность дождевого потока на горизонтальную поверхность материала, кг/(м²·с);

K – переходной коэффициент, учитывающий соотношение между g_{wv} и g_{wh} и принимающий значение от 0 до 1. По данным работы [5] значение этого коэффициента для г. Бреста равно 0,6.

Количество жидкой влаги, поглощаемой через наружную поверхность, определялось с использованием коэффициента сорбции воды A кг/(м²·с^{0,5}) [6], который вычислялся по экспериментальным данным одномерного капиллярного впитывания воды сухими образцами материала. Типичный процесс впитывания можно разбить на два этапа. На первом этапе происходит довольно быстрый процесс капиллярного впитывания, продолжительность которого зависит от высоты образца и может длиться от десятков секунд до нескольких часов и даже суток. На втором этапе процесс протекает очень медленно и связан с растворением воздуха из пор, которые не участвовали в процессе капиллярного впитывания, в воде.

Текущее содержание влаги $W(t)$ в наружном расчетном слое отслеживалось с учетом интенсивности дождевого потока g_{wv} , коэффициента сорбции воды A и коэффициента влагопроводности β . При этом значение W определяется как содержание массы влаги в единице массы материала, % (согласно СНБ 2.04.01-97 W – массовое отношение влаги в материале, %).

Максимально возможный прирост влагосодержания в поверхностном слое ΔW_{max} за промежуток времени $\Delta\tau$ можно определить по формуле:

$$\Delta W_{max} = \frac{A \cdot 100\%}{d \cdot \rho} \cdot (\sqrt{\tau + \Delta\tau} - \sqrt{\tau}), \quad (2)$$

$$\tau = \left(\frac{W \cdot d \cdot \rho}{A \cdot 100\%} \right)^2, \quad (3)$$

где A – коэффициент сорбции воды, кг/(м²·с^{0,5});

d – толщина элементарного расчетного слоя, контактирующего с дождевой водой м;

ρ – плотность материала поверхностного слоя, кг/м³;

W – текущее массовое отношение влаги в поверхностном слое, %;

τ – время, которому соответствует текущее массовое отношение влаги W , с;

$\Delta\tau$ – приращение времени впитывания, с.

Если принять, что все капли дождя, попавшие на поверхность материала, впитываются им, то прирост влагосодержания в поверхностном слое определяется по формуле:

$$\Delta W_g = \frac{g_{wv} \cdot \Delta\tau \cdot 100\%}{d \cdot \rho}. \quad (4)$$

Фактический прирост влагосодержания определяется наименьшим значением из двух ΔW_{max} и ΔW_g . При этом должны выполняться соотношения:

$$W + \Delta W_{max} \leq W_f \quad \text{если} \quad \Delta W_{max} < \Delta W_g; \quad (5)$$

$$W + \Delta W_g \leq W_f \quad \text{если} \quad \Delta W_g < \Delta W_{max}, \quad (6)$$

где W_f – влагосодержание материала в состоянии капиллярного насыщения.

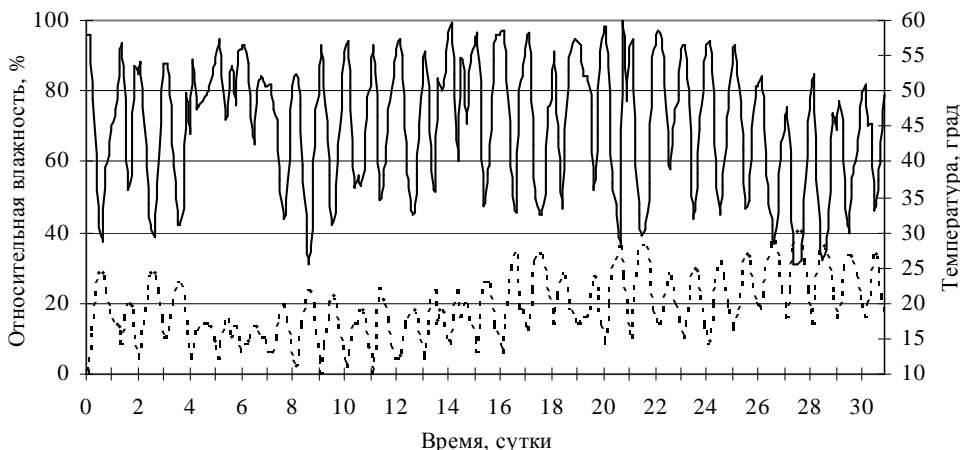


Рис. 2. Изменение (—) относительной влажности и (-----) температуры воздуха за июль месяц.

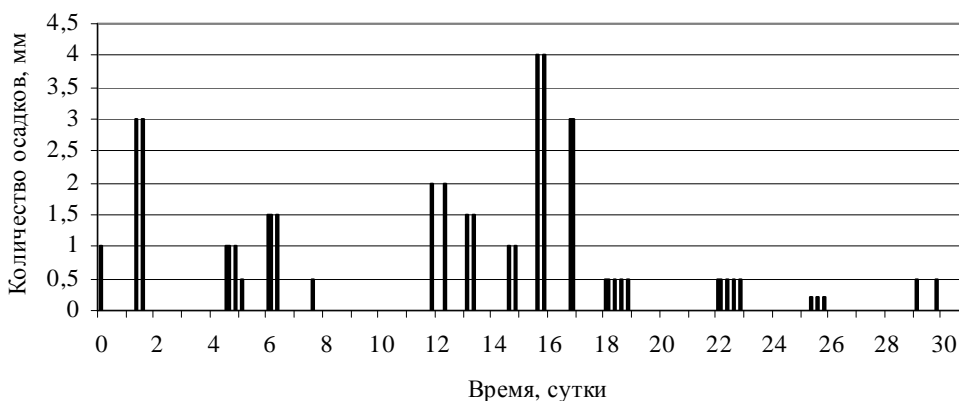


Рис. 3. Изменение количества осадков за июль месяц.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

В качестве примера рассматривалась конструкция, состоящая из трех материалов: цементно-известковый раствор (наружный слой), пенопласт и ячеистый бетон. Принималось, что слои этих материалов находятся в идеальном гидротермическом контакте. Необходимые для выполнения расчетов значения свойств этих материалов, полученные путем обобщения данных работ [7, 8, 9, 10, 11], представлены в таблице 1.

Используемые изотермы сорбции представлены на рисунке 1а. Зависимость коэффициента влагопроницаемости β от влагосодержания представлена на рисунке 1б.

Коэффициент теплоотдачи α и сопротивление влагообмену $R_{\text{п}}$ по данным работ [9, 12] на наружной поверхности ограждения соответственно равны $\alpha_{\text{н}}=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$ и $R_{\text{пн}}=13,3 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}/\text{г}$, а на внутренней – $\alpha_{\text{в}}=8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$ и $R_{\text{пв}}=26,6 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}/\text{г}$.

Опираясь на результаты работы [13], в качестве расчетного периода был выбран июль месяц. В течение этого месяца наружная поверхность стенки находилась под воздействием внешней среды, характеризуемой тремя параметрами (относительная влажность и температура воздуха, а также количество осадков), изменение которых во времени показано на рисунках 2 и 3. Такие условия погоды наблюдаются в городе Бресте в июле месяце с обеспеченностью 80% [5].

Начальная температура всех материалов конструкции задавалась равной $10 \text{ }^\circ\text{C}$, а начальное массовое отношение влаги соответствовало относительной влажности воздуха в порах $\varphi=80\%$ по изотерме сорбции. Температура и относительная влажность воздуха на внутренней поверхности на протяжении

всего месяца принимались постоянными и равными: $t_{\text{в}}=20^\circ\text{C}$, $\varphi_{\text{в}}=70\%$.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Для сравнительной оценки влияния дождевых осадков была учтена ситуация, характерная для второй декады июля (см. рис. 2 и 3). При этом рассматривалась однослойная конструкция из ячеистого бетона. Результаты расчета, показывающие изменения влагосодержания и напряжений в наружном слое этой конструкции с учетом и без учета дождя, отражены на рисунках 4 и 5. Как видно из рисунка 4, во время дождя наружная поверхность стенки значительно увлажняется, что приводит к увеличению сжимающих напряжений, показанных на рисунке 5. Так, на седьмые сутки влагосодержание в наружном слое увеличилось до 23% массового отношения влаги и сжимающие напряжения достигли 0,8 МПа, что составляет половину величины предельно допустимых сжимающих напряжений $R_{\text{б}}=1,6 \text{ МПа}$ [14]. В случае увеличения интенсивности и продолжительности дождя, сжимающие напряжения могут достигнуть предельных напряжений. Следовательно, при расчетах температурных, влажностных и напряженно-деформационных полей необходимо учитывать осадки в виде дождя.

По аналогии с рассмотренным случаем, при эксплуатации трехслойной конструкции в отделочном слое будут иметь место значительные значения влагосодержания и напряжений (см. рис. 6 и 7). Поэтому отделочный слой быстро покрывается сеткой микротрещин на поверхности. Расчеты показали,

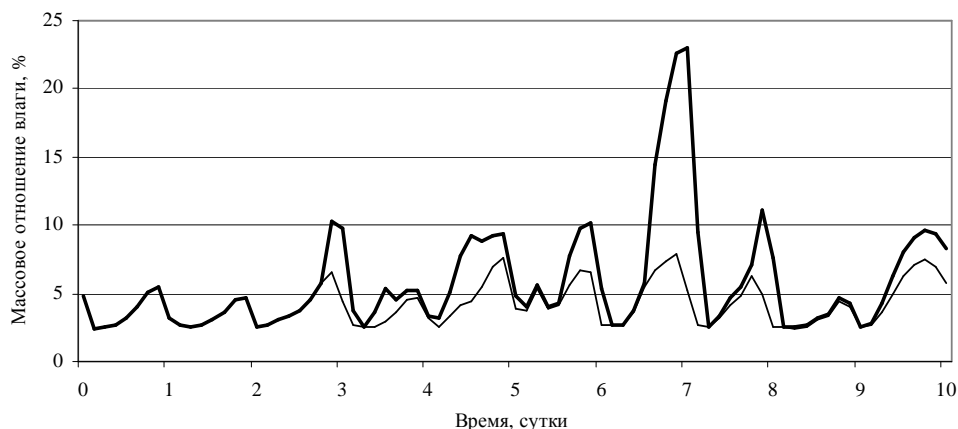


Рис. 4. Изменение весовой влажности в наружном слое ячеистого бетона на протяжении десяти июльских дней (—) с учетом и (---) без учета дождя.

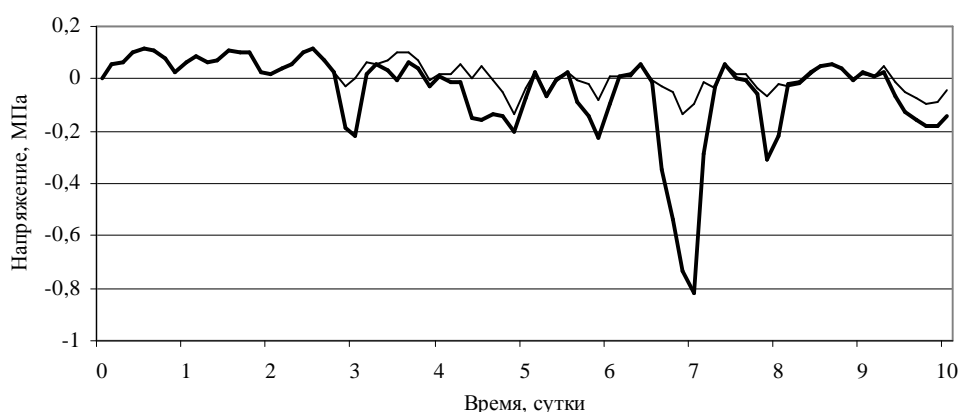


Рис. 5. Изменение напряжений в наружном слое ячеистого бетона на протяжении десяти июльских дней (—) с учетом и (---) без учета дождя.

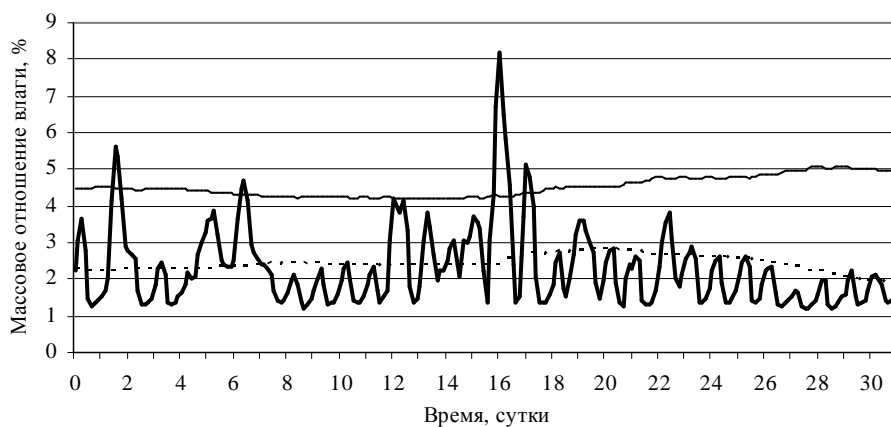


Рис. 6. Изменение весовой влажности (—) в наружном и (.....) внутреннем слое цементно-известкового раствора толщиной 2 см, а также (---) в приграничном слое ячеистого бетона на стыке с пенопластом на протяжении июля месяца с учетом дождя.

что за июль месяц в защитном слое толщиной 2 см трещины могут распространиться на глубину до 1 см. Если при этом не учитывать утраты покрытием своей влагозащитной функции, то о влагозащитном эффекте покрытия можно судить при сопоставлении соответствующих кривых влагосодержания ячеистого бетона на рисунках 4 и 6.

Очевидно, что для увеличения срока службы слоя отделки целесообразно в первую очередь уменьшить модуль упругости материала, коэффициент сорбции воды за счет гидрофобизации и сопротивление влагообмену. Эффективность этих мероприятий подтверждается выполненными расчетами и данными ра-

боты [1], в которой отмечается, что отделка, выполненная из цементно-известкового раствора, уступает по долговечности отделке декоративного поризованного раствора.

Были выполнены расчеты при толщине отделочного слоя 1 см, 2 см и 4 см. Оказалось, что с увеличением толщины отделочного слоя на стыке материалов значение напряжений и их амплитуда уменьшаются. Следовательно, с увеличением толщины слоя покрытия адгезионная прочность будет сохраняться более длительное время, что подтверждается экспериментальной оценкой, приведенной в работе [15].

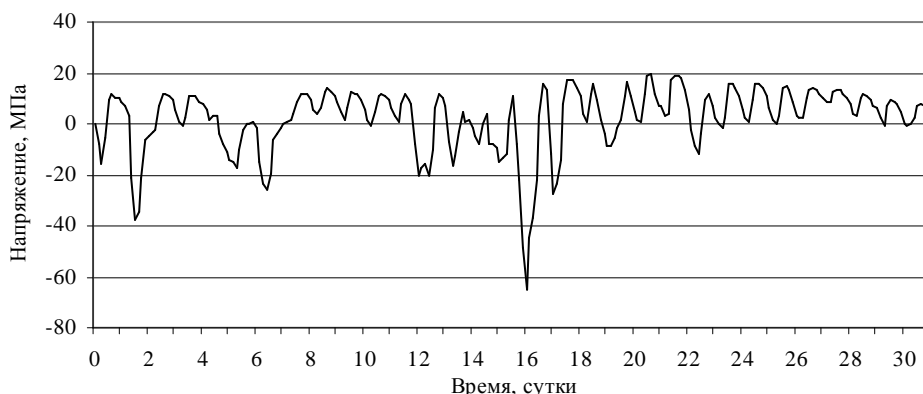


Рис. 7. Изменение напряжений в наружном слое цементно-песчаного раствора на протяжении июля месяца.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вычислительный эксперимент показал, что разработанную математическую модель можно использовать при выполнении вариантных расчетов, связанных с выбором эффективных защитно-отделочных покрытий при проектировании новых ограждающих конструкций и проведении ремонтных работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Макарова Н.А. Сравнительная оценка стойкости фактурных отделок в районах с суровым климатом // Совершенствование технологии изготовления конструкции методом строительства транспортных зданий: Сб. научн. тр. ЦНИИС. – М., 1984. – С. 28-40.
- Таратута В.Д. Долговечность каменных конструкций памятников архитектуры в послереставрационный период. автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 1984. – 24 с.
- Никитин В.И., Ракецкий В.М., Лапко А., Прусел И.А. Имитация тепло- и влагопереноса в теплоизоляционных материалах // Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология. – 2001. – №2(8). – С. 56-60.
- Кофанов В.А., Никитин В.И. Поля влагосодержания и напряжений в увлажненной цилиндрической стенке при изотермической сушке // Вестник БГТУ. – 2004. – №1(25): Строительство и архитектура. – С. 122-125.
- Климат Бреста / под ред. Ц.А. Швер, И.А. Савиковского. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 159 с.
- Jans M. Methods of measuring the moisture diffusivity at high moisture levels. Report TVBM – 3076, Division of Building Materials, Lund Institute of Technology (in Swedish), 1997, 73 p.
- Künzel H.M. Simultaneous heat and moisture transport in building components. One- and two-dimensional calculation using simple parameters // IRB Verlag Stuttgart, – 1995. – 66 s.
- Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. – М.: Стройиздат. – 1973. – 287 с.
- СНБ 2.04.01-97. Строительная теплотехника. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 1998. – 32 с.
- Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости: Пер. с англ. /Под ред. Г.С. Шапиро. – 2-е изд. – М.: Наука. 1979, 560 с.
- Опекунов В.В. Конструктивно-изоляционные бетоны. – Киев: "Академперіодика", 2002. – 270 с.
- Руководство по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий / НИИСФ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1984. – 168 с.
- Кофанов В.А., Никитин В.И. Влияние теплотехнических параметров на поля температуры, влажности и напряжений в материале ограждающей конструкции // Вестник БГТУ. – 2004. – №2(26): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология.
- Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов (к СНиП 2.03.01- 84). Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1984.
- Никитин В.И., Таратута В.Д. Оценка долговечности отделочных слоев при реставрации каменных памятников архитектуры // Работоспособность композиционных строительных материалов в условиях воздействия различных эксплуатационных факторов: Меж.-вуз. сб. КХТИ. – Казань, 1985. – С. 38-40.

УДК 628.14.04

Лис И.П., Гуринович А.Д.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ВОДОЗАБОРНОЙ СКВАЖИНЫ

Водозаборная скважина является основным элементом скважинного водозабора системы водоснабжения, и от качества ее проектирования и строительства зависит работа водозабора в целом. Выбор конструкции скважины во многом определяет последующие нарушения в ее работе и надежность работы всей системы снабжения водой того или иного объекта.

Как показывает практика эксплуатации водозаборных скважин, в системе проектирования существует ряд недостатков:

1. Существующая система планирования и управления изыс-

каниями, проектированием, строительством и эксплуатацией сооружений по добыче и использованию подземных вод не обеспечивает эффективной организации, высокого качества работ, повышения производительности труда и сдерживает широкое внедрение новой техники и технологии.

2. Экономические показатели не направлены на повышение производительности труда и достижение конечного результата – получение требуемого количества воды при минимальных производственных затратах на сооружение и эксплуатацию водозаборных скважин.

Лис Ирина Петровна, экономист ПЧУП «Амбра», г. Минск.

Гуринович Анатолий Дмитриевич, профессор каф. «Экономика строительства» БНТУ, г. Минск.

Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65.

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика