

УДК 519.876.5:666.97.035.5:624.012.3-047.44

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ РАБОТЫ МОБИЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

АДЕГОВ А. В. ^{1*}, к.т.н., доцент
КОЛОХОВ В. В. ^{2*}, к.т.н., доцент
ГАВРИЛЮК С. В. ^{3*}, магистр

^{1*} Кафедра системного анализа и моделирования в теплогазоснабжении, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38(056)756-34-06, e-mail: adegov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8837-4936

^{2*} Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского 24 а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 46-93-76, e-mail: kolokhovdnepr@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-2314-1477

^{3*} Кафедра системного анализа и моделирования в теплогазоснабжении, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38(056)756-34-06, e-mail: gavr.pgasa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7090-3836

Аннотация. *Цель.* Анализ эффективности строительства малоэтажных домов из 3-х слойных стеновых панелей заводского изготовления показал что, в калькуляции затрат существенная часть составляет транспортные расходы, а так же расходы связанные с обеспечением деятельности завода. Для снижения себестоимости строительства, а так же учитывая мелко серийность производства и индивидуальный характер конструкций для малоэтажного домостроения, разрабатывается технология вне заводского производства стеновых панелей, а так же технология ускорения твердения бетона на строительной площадке. *Методика.* Решение поставленной проблемы выполняется путем вычислительного моделирования работы мобильного стенда. Для моделирования работы стенда были разработаны: принципиальная схема конструкции стенда, греющей среды и его геометрическая модель. Моделирование распределения температур в конструкции стенда и в конструкции бетонной части стеновой панели выполнялось методом конечных элементов в программном комплексе ELCUT. *Научная новизна.* Предложена принципиальная схема конструкции мобильного стенда и греющей среды для производства стеновых панелей в условиях строительной площадки. Разработаны вычислительные модели температурных полей в узлах стенда и стеновых панелей при тепловой обработке бетонных конструкций. *Практическая значимость.* Выполнено моделирование прогрева и распределения температур в конструкции стенда и формируемой стеновой панели. Определено время прогрева стеновой панели. Определена мощность теплогенерирующей установки.

Ключевые слова: панели; стенд; температурные поля; моделирование; строительство; бетонные конструкции; технология ускорения твердения

ДОСЛІДЖЕННЯ Й АНАЛІЗ РОБОТИ МОБІЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СТІНОВИХ ПАНЕЛЕЙ.

АДЕГОВ О. В. ^{1*}, к.т.н., доцент
КОЛОХОВ В. В. ^{2*}, к.т.н., доцент
ГАВРИЛЮК С. В. ^{3*}, магистр

^{1*} Кафедра системного аналізу та моделювання у теплогазопостачанні, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-17-22, e-mail: adegov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8837-4936

^{2*} Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24 а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-76, e-mail: kolokhovdnepr@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-2314-1477

^{3*} Кафедра системного аналізу та моделювання у теплогазопостачанні, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(056)756-34-06, e-mail: gavr.pgasa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7090-3836

Анотація. *Постановка проблеми.* Аналіз ефективності будівництва малоповерхових будинків з 3-х шарових стінових панелей заводського виготовлення показав що, у калькуляції витрат істотно частина становить транспортні витрати, а так само витрати пов'язані із забезпеченням діяльності заводу. Для зниження собівартості будівництва, а так само враховуючи дрібно серійність виробництва й індивідуальний характер конструкцій для малоповерхового домобудівництва, розробляється технологія поза заводським виробництвом стінових панелей, а так само технологія прискорення твердіння бетону на будівельному майданчику. *Методика.* Розв'язання поставленої проблеми виконується шляхом обчислювального

моделирования работы мобильного стенда. Для моделирования работы стенда были разработаны: принципиальная схема конструкции стенда, что греющего середовища і його геометрична модель. Моделирование распределения температур в конструкции стенда та у бетонної частини стінової панелі виконувалося методом кінцевих елементів у програмному комплексі ELCUT. **Наукова новизна.** Запропонована принципиальна схема конструкції мобільного стенда та греючого середовища для виробництва стінових панелей в умовах будівельного майданчика. Розроблені обчислювальні моделі температурних полів у вузлах стенда й стінових панелей при тепловій обробці бетонних конструкцій. **Практична значимість.** Виконане моделювання прогріву й розподілу температур у конструкції стенда й формованої стінової панелі. Визначений час прогріву стінової панелі. Визначена потужність теплогенеруючої установки.

Ключові слова: панелі; стенд; температурні поля; моделювання; будівництво; бетонні конструкції; технологія прискорення твердіння

RESEARCH AND ANALYSIS OF WORK OF MOBILE STAND FOR PRODUCTION OF WALL PANELS

ADEGOV A. V.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ph D*,
KOLOKHOV V.V.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ph D*,
GAVRYLUK S.V.^{3*}, *Master's degree*

^{1*} Department of Thermal Engineering and gas supply, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (056) 756-34-06, e-mail: adegov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8837-4936

^{2*} Department of technology of building materials, products and structures, State higher educational institution "Pridneprovsk state Academy of civil engineering and architecture", Chernyshevskogo str. 24 a, 49600, Dnepr, Ukraine, e-mail: kolokhov_dnepr@mail.ru

^{3*} Department of Thermal Engineering and gas supply, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел.+38(056)756-34-06, e-mail: gavr.pgasa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7090-3836

Annotation. Aim. The analysis of efficiency of building of one and two-storeyed houses from three-layered of wall panels of factory-made showed that, in the cost accounting substantial part makes transport charges, and similarly charges are related to providing of activity of plant. For the decline of prime building price, and similarly taking into account finely the rangeability of production and individual character of constructions for one and two-storeyed house-building, technology is developed out of plant production of wall panels, and similarly technology of acceleration of hardening of concrete on a site area. **Methodology.** The decision of the put problem is executed by the calculable design of work of mobile stand. For the design of work of stand were worked out: fundamental chart of construction of stand, warming environment and his geometrical model. The design of distribution of temperatures in the construction of stand and in the construction of concrete part of a wall panel was executed by the method of eventual elements in a programmatic complex ELCUT. **Scientific novelty.** The fundamental chart of construction of mobile stand and warming environment is offered for the production of wall panels in the conditions of site area. The calculable models of the temperature fields are worked out in the knots of stand and wall panels at thermal treatment of concrete constructions. **Practical meaningfulness.** The design of warming up and distribution of temperatures is executed in the construction of stand and formed wall panel. Time of warming up of a wall panel is certain. Power of the warm generating setting is certain.

Keywords: panels; stand; temperature fields; design; building; concrete constructions; technology of acceleration of hardening

Введение

Основным направлением развития массового жилищного строительства является сборное, панельное домостроение. Однако более 35% объемов жилищного строительства осуществляется еще недостаточно индустриальными методами. Поэтому индустриальные методы панельного домостроения рассматриваются как резерв повышения общего уровня дальнейшей индустриализации строительства. Строительство малоэтажных панельных домов является одним из наиболее развитых. Известно много вариантов использования панелей: в строительстве коттеджей, мансардных этажей, реконструкции старых зданий. Привлекательность

технологии заключается в коротких сроках работ без использования тяжелого подъемного оборудования, ее независимости от погодных условий и времени года. Легкость конструкции при высоких теплоизоляционных свойствах материала позволяет значительно уменьшить среднюю стоимость квадратного метра. Строительный рынок продолжает переживать кризис, связанный с потерей покупательной способности у потенциальных клиентов. При этом существует огромный отложенный спрос. Альтернативное строительство - стимул для рынка стройматериалов и услуг перейти на новый этап эволюционного развития. Есть на нем большой спектр деятельности и для МСБ.

Благодаря тандему инновационных и традиционных технологий в Украине снова востребовано строительство современных малоэтажных домов. «Несмотря на то что более 70% новостроек в столице высотные (25-26 этажей), опросы общественного мнения свидетельствуют, что уже сегодня 60% людей предпочли бы индивидуальном доме над квартирой». В то же время обменять квартиру на собственный дом рискнули бы лишь 20% украинский. Главными преимуществами современного малоэтажного индивидуального строительства считаются возможность возводить здания и сооружения быстрее, дешевле, и минимальными трудозатратами.

Цель

Для снижения себестоимости строительства, а так же учитывая мелко серийность производства и индивидуальный характер конструкций для малоэтажного домостроения, разрабатывается технология вне заводского производства стеновых панелей, а так же технология ускорения твердения бетона на строительной площадке.

Изложение основного материала

В производстве сборных железобетонных изделий применяют поточные технологические линии различных типов, которые отличаются степенью специализации и непрерывности процессов, способом и характером перемещения предметов труда, уровнем механизации и автоматизации. В зависимости от взаимного расположения в пространстве средств труда (технологического оборудования), предметов труда (форм, материалов и полуфабрикатов) и рабочих возможны два варианта организации производства: 1) технологическое оборудование и рабочие не перемещаются, а формы с изделиями перемещаются; 2) формы неподвижные, перемещаются оборудования и рабочие.

К первому варианту организации процесса относятся агрегатное и конвейерное производство, ко второму - стендовое и кассетно-стендовое [1].

Существуют способы ускорения твердения бетона при различных формах изготовления стеновых панелей, такие как химические добавки, индукционный прогрев, прогрев инфракрасным излучением и вибро площадки [2]. Так же существует тепловая обработка бетона, паром или же жидкостью, мы остановили свой выбор на последнем способе в качестве метода ускорения в проектируемом мобильном стенде.

Предлагается разработка технологии ускорения возведения домов, благодаря которой можно строить проект дома высотой в два этажа с различными планировочными решениями и практически с любой площадью. Благодаря этой технологии все составляющие конструкции здания изготавливаются стендовым способом непосредственно на строительной площадке. Эта технология позволяет

сократить денежные расходы на транспортировку стеновых панелей к строительной площадке, также сам возведению конструкций. В основе этой технологии лежит использование косвенной тепловой обработки бетона в мобильном стенде, не только во время зимнего периода, но и в период осень-лето, лето-весна. Стенд будет работать с панелями следующего вида, Рис. 1.

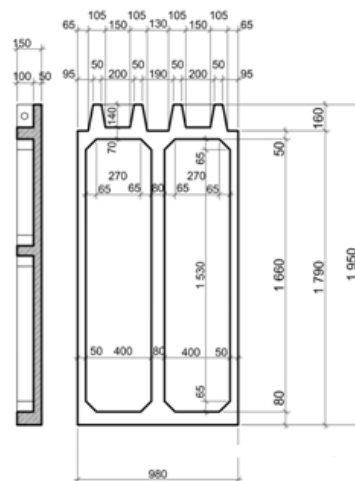


Рис. 1. Вид панели СИ-

/ Panel view СИ-4

Параметры которым должен отвечать стенд:

- Габариты стенда должны позволять вместить его в пространство д. площадке;
- Управление стендом должно быть максимально простым;
- Тепловая мощность стенда и его оборудования должны выполнять требования графику прогрева бетона.
- Тепловая изоляция стенда должна быть подобрана максимально правильно, чтобы минимизировать тепловые потери при температурной обработке бетона.
- Конструкция стенда должна быть максимально простой, для легкой транспортировки;
- Стенд должен соответствовать всем требованиям техники безопасности;
- Стенд должен быть экологичным.

Стенд представляет собой сборную конструкцию из двух частей, верхней части «формы» и нижней «ванны», основной вид и габариты стенда приведены в приложении «Б». «Форма» выполняется из стальных листов толщиной 6 мм. В форму заключается бетонная конструкция с тепловой изоляцией. Нижняя часть стенда выступает в качестве теплогенерирующей среды для тепловой обработки бетона. «Ванна» выполняется из стальных листов толщиной 6 мм. На боковых ребрах «ванны» на внешней стороне устанавливаются минерально ватные маты выступающие в качестве утеплителя. Внутри «ванны» устанавливается регистр из труб диаметром 52 мм. Все пространство нижней части

стенда заполняется водой с температурой окружающей среды. Между боковыми ребрами «ванны» и верхней части устанавливаются пенопластовые буйки, которые закрывают открытые поверхности жидкости. Регистры с теплоносителем который генерируется в котле обеспечивают нагрев жидкости а так же прогрев все элементов конструкций стенда.

В ходе разработки и моделирования стенда были проведены следующие расчеты:

- Гидромеханический расчет стенда;
- Расчет критериев подобия гидродинамики стенда (Pr, Gr, Nu, Re);
- Расчет тепловой мощности регистров;
- Расчет времени прогрева бетонных конструкций [3,4,5].

Таблица 1

Вариативные значения для расчета мощности регистров

/Variative values for calculating the power of registers

Обозначение Наименование	Температура	Диаметр	Кол-во регистров
T1	10	X	X
T2	15	X	X
T3	20	X	X
D1	X	32	X
D2	X	45	X
D3	X	52	X
n1	X	X	6
n2	X	X	8
n3	X	X	10

Результаты расчета мощности регистров приведены на рисунках 2, 3, 4.

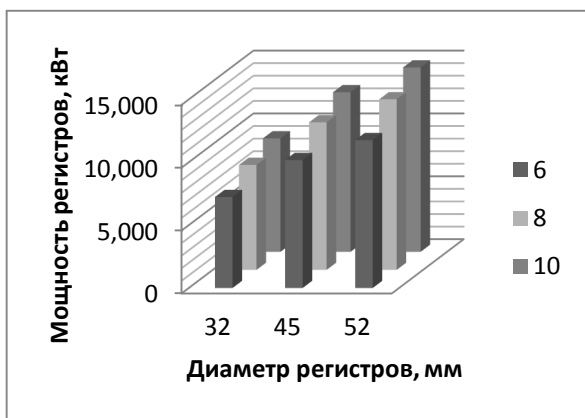


Рис.2. Диаграмма расчета мощности регистра при наружной температуре 10°C/

The diagram of calculating the register power at an outdoor temperature of 10 ° C: Ось Z- количество регистров/ Z axis - number of registers.

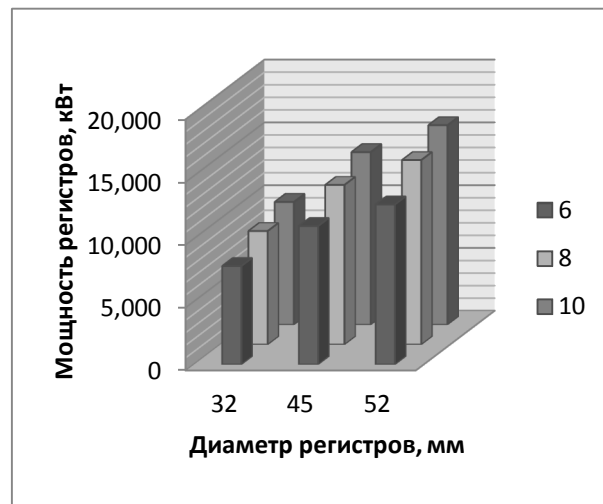


Рис.3. Диаграмма расчета мощности регистра при наружной температуре 15°C

/ The diagram of calculating the register power at an outdoor temperature of 15 ° C: Ось Z- количество регистров/ Z axis - number of registers.

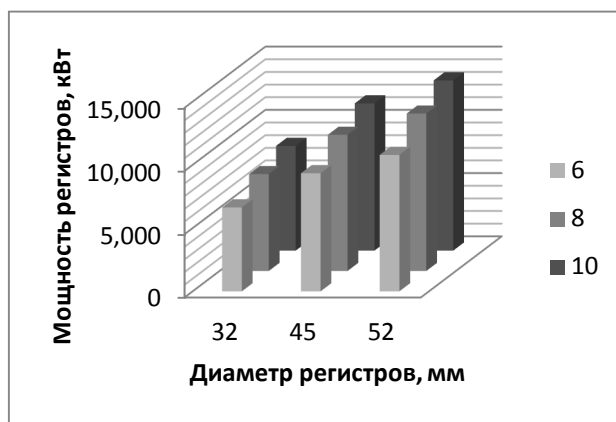


Рис.4. Диаграмма расчета мощности регистра при наружной температуре 20°C

/ The diagram of calculating the register power at an outdoor temperature of 20 ° C: Ось Z- количество регистров/ Z axis - number of registers.

Для исследования процесса тепловой обработки конструкции, была разработана упрощенная геометрическая модель стенда, вид которой приведет на рис.5. Для разработки модели была использована схема тепловой установки реализующей стендовый способ производства стеновых панелей. В основе лежит разрабатываемый стенд для производства стеновых панелей на строительной площадке. [6,7]

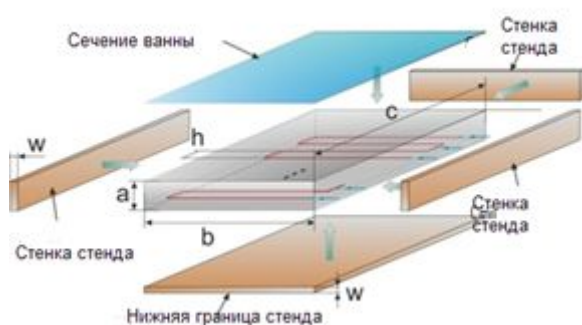


Рис. 5. Упрощенная геометрическая модель
/ Simplified geometric model

Моделирование проводилось в программном комплексе ELCUT. Эта программа позволяет решать строительные задачи, связанные с прогревом бетона. Данный комплекс основан на методе конечных элементов. Решение задач базируется на принципах термодинамики и процессах теплообмена. Программный комплекс выполняет моделирование методом конечных элементов двумерных тепловых полей. Реализация решения построена на модификации исходной задачи и решении серии таких модифицированных последовательно связанных задач. При этом узлы разбиваются прямоугольной сеткой дискретизации на блоки с КЭ сеткой, в которых могут быть заданы различные свойства, постоянные в пределах конкретного блока и на временном шаге, временной шаг модификации свойств в блоках равняется шагу решения отдельной задачи [8,9].

Начальные условия моделирования:

- Температура окружающей среды $t_n = +20^\circ\text{C}$
- Начальная температура бетона $t_6 = +20^\circ\text{C}$
- Начальная температура материалов конструкции $t_k = +20^\circ\text{C}$
- Начальная температура теплоносителя $t_r = +85^\circ\text{C}$
- Начальная температура жидкости в «ванне» $t_{ж} = +20^\circ\text{C}$

Для моделирования процесса прогрева конструкций стенда, узлы были разбиты на дискретизационную сетку. Для боковых стенок с количеством узлов 153 и автоматическим шагом дискретизации (Рис. 6) и для бетонной формы 270 узлов и автоматическим шагом дискретизации (Рис. 7).

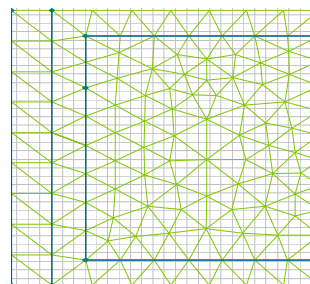


Рис. 6. Сетка дискретизации для боковой стенки стенда

/ Sample grid for the side wall of the stand:

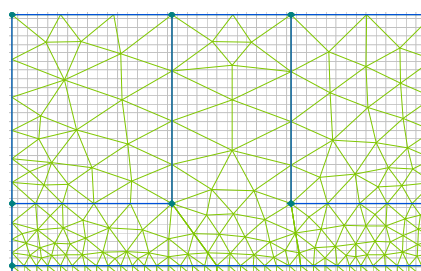


Рис. 7. Сетка дискретизации для формы стеновой панели

/ Sample grid for the shape of the wall panel.

Результаты моделирования

Результат прогрева боковой стенки стенда с тепловой изоляцией. Время моделирования 0-4ч. Как мы видим, тепловая энергия распространяется по всему теплоносителю, а так же конструкциям стенда, как видно, конструкции которые первые соприкасаются с теплоносителем сразу отбирают часть теплоты и нагреваются параллельно процессу распространения тепловой энергии (Рис. 8)

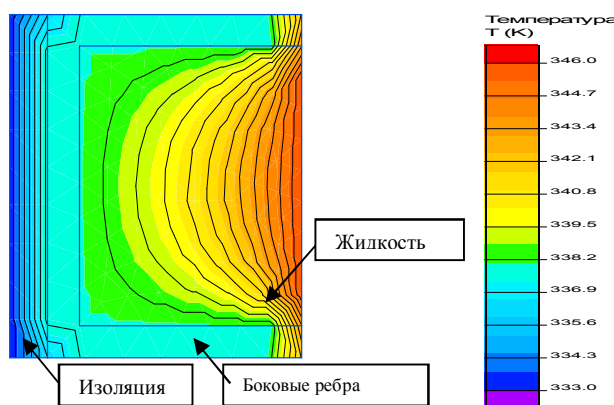
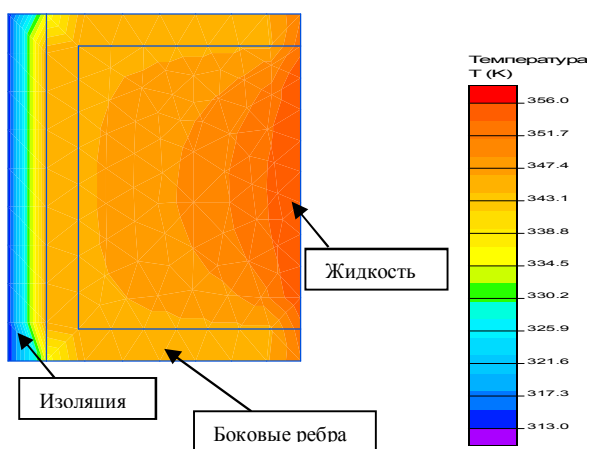


Рис. 8. Результат моделирования прогрева боковых стенок стенда

/ The result of modeling the heating of the side walls of the stand:

Результат прогрева боковой стенки с тепловой изоляцией. Время моделирования 4-8ч. Как видим с

течением времени все конструкции стенда прогреваются до необходимых температур, а тепловая изоляция подобрана правильно так как практически нет потерь тепла во вне, а значит вся



энергия расходуется на прогрев стеновой панели, тем самым выполняя требования разрабатываемой технологии (Рис. 9).

Рис 9. Результат моделирования прогрева боковы стенок стенда

/ The result of modeling the heating of the side walls of the stand.

Результат прогрева конструкции стенда и бетонной стеновой панели с теплоизоляционными включениями. Время прогрева от 0 до 4 ч. Как можно заметить на начальной стадии прогрева вся энергия которая генерируется в нижней части стенда моментально переходит от конструкции стенда к панели с теплоизоляционными включениями. Это связано с параллельностью процесса, из-за того что были подобраны такие материалы которые не задерживают тепловую энергию в себе а сразу готовы ее отдавать. Результат прогрева конструкции стенда и бетонной стеновой панели с теплоизоляционными включениями. Время прогрева

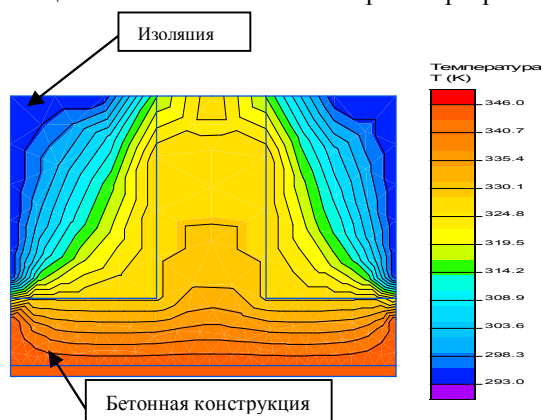


Рис 10. Результат моделирования прогрева бетонной формы для панели

/ The result of modeling the heating of the concrete form for the panel.

от 4 до 8ч. Как мы видим вся энергия которая генерируется передается на прогрев бетона до температур заданных разрабатываемой технологией. Так же можно отметить, что теплоизоляционные включения в панели выполняют свою функцию, и сдерживают тепло внутри конструкции

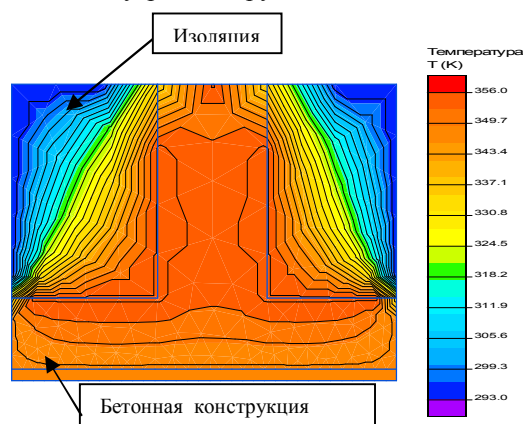


Рис 11. Результат моделирования прогрева бетонной формы для панели

/ The result of modeling the heating of the concrete form for the panel.

Выводы

1. Регулирование параметров греющей среды позволяет формировать необходимый режим тепловой обработки бетонных изделий.
2. Результаты моделирования могут быть использованы для разработки оптимизационной модели управления тепловой обработки бетонного изделия.
3. Оптимизация тепловой обработки должна основываться на минимизации температурного градиента в изделии при тепловой обработке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Звездов А. И. Технология бетона и железобетона в вопросах и ответах. / Звездов А. И., Малинина Л. А., Руденко И. Ф. // «Технология бетона и железобетона в вопросах и ответах». [НИИЖБ], 2005. - 446 с.
2. Черкасов Г. Й. Введение в технологию бетона. Ново-Сибирское книжное издание, 1974.
3. Гаврилюк С. В. Розробка технології стендового прогріву при виробництві стінових панелей на будівельному майданчику. / Гаврилюк С. В. // Тези доповідей Всеукраїнської 77-ї науково-практичної конференції студентів та молодих вчених. / Дніпроп. нац. ун-ту. заліз. трансп. ім. акад Лазаряна; под. ред. доц. Тарасової Л.Д. – Дніпро – С. 40-41. – (Проблеми будівництва, водокористування та екології).
4. Михеев М. А. Основы теплопередачи. / Михеев М. А., Михеева И. М. // Москва «Энергия», 1977., С.119-160.
5. Кирпичев М. В. Применение оптического метода Дворжака к изучению движения горячих газов. / Кирпичев М. В., Михеев М. А. // Журнал прикладной физики - М. АН СССР, вып 3-4, 1936.
6. Колохов В. В. Моделирование процесса прогрева бетона в тепловой установке при различных теплоносителях. / Колохов В. В., Адегов А. В., Кудрявцев А. П., Перчаник Н. Е. // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры ; под общ. ред. В. И. Большакова. – Днепропетровск, 2015. – Вып. 84. – С. 122–127. – (Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве).
7. Колохов В. В. Анализ тепловой эффективности изготовления трёхслойных стеновых панелей. / Колохов В. В., Адегов А. В., Кудрявцев А. П., Саламаха Л. В., Волошко В. Н. // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры ; под общ. ред. В. И. Большакова. – Днепропетровск, 2015. – Вып. 84. – С. 122–127. – (Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве).
8. Bofang Z. Temperature control of concrete dam in cold region. In: Thermal stresses and temperature control of mass concrete. Butterworth-Heinemann: Tshingua University Press, 2014. Pp. 431-438.
9. Bofang Z. Construction of mass concrete in winter. Thermal stresses and temperature control of mass concrete. 2014. Pp. 425-430.
10. Nassif A. Y., Petrou M. F. Influence of cold weather during casting and curing on the stiffness and strength of concrete. Construction and building materials. 2013. No. 44. Pp. 161-167.

REFERENCES

1. Zvezdov A.I. Malinina L.A., Rudenko I.F. *Tehnologiya betona i zhelezobetona v voprosah i otvetah.* [Technology of concrete and reinforced concrete in questions and answers] [NIIZhB], Publ. 2005. - 446 p (in Russian).
2. Cherkasov G.Y. *Vvedenie v tehnologiyu betona* [Introduction to Concrete Technology] Novo-Sibirskoe knizhnoe izdanie, 1974. (in Russian)
3. Gavrilyuk S.V. R *Rozrobka tehnologiyi stendovogo prohrivu pri virobnitstvi stlnovih paneley na budivelnomu maydanchiku.* [Development of technology for the manufacture of bench warming wall panels on a building site] / Gavrilyuk S.V. // Tezi dopovidey vseukrayinskoYi 77-Yi naukovopraktichnoYi konferentsiyi studentiv ta molodih vchenih. / Dnlprop. nats. un-tu. zallzn. transp. Im. akad Lazaryana; pod. red. dots. TarasovoYi L.D. – Dnlpro – S. 40-41. – (Problemi budivnitstva, vodokoristuvannya ta ekologiyi). (in Ukrainian).
4. Miheev M.A., Miheeva I.M. *Osnovi teplotoperadachi* [Fundamentals of heat transfer] // Moskva «Energiya», publ 1977., p.119-160. (in Russian).
5. Kirpichev M.V. Miheev M.A. *Primenenie opticheskogo metoda Dvorzhaka k izucheniyu dvizheniya goryachih gazov.* [Application of Dvorak's optical method to the study of the motion of hot gases] // zhurnal prikladnoy fiziki – M. AN.SSSR. 1936. (in Russian)
6. Kolohov V.V. Adegov A.V., Kudryavtsev A.P., Perchanik N.E. *Modelirovanie protsessa progreva betona v teplovoy ustanovke pri razlichnyih teplonositelyah.* [Modeling of the process of heating concrete in a heat installation with various heat carriers] // Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie : sb. nauch. tr. / Pridnepr. gos. akad. str-va i arhitekturyi ; pod obsch. red. V.I. Bolshakova. – Dnepropetrovsk, 2015. – Vyip. 84. – S. 122–127. – (Energetika, ekologiya, kompyuternye tehnologii v stroitelstve). (in Ukrainian)
7. Kolohov V.V. Adegov A.V., Kudryavtsev A.P., Salamaha L.V., Voloshko V.N. *Analiz teplovoy effektivnosti izgotovleniya tryohsloynnyih stenovyi paneley.* [Analysis of the thermal efficiency of the production of three-layer wall panels] // Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie : sb. nauch. tr. / Pridnepr. gos. akad. str-va i arhitekturyi ; pod obsch. red. V.I. Bolshakova. – Dnepropetrovsk, 2015. – Vyip. 84. – S. 122–127. – (Energetika, ekologiya, kompyuternye tehnologii v stroitelstve). (in Ukrainian)
8. Bofang Z. Temperature control of concrete dam in cold region. In: Thermal stresses and temperature control of mass concrete. Butterworth-Heinemann: Tshingua University Press, 2014. Pp. 431-438.
9. Bofang Z. Construction of mass concrete in winter. Thermal stresses and temperature control of mass concrete. 2014. Pp. 425-430.
10. Nassif A.Y., Petrou M.F. Influence of cold weather during casting and curing on the stiffness and strength of concrete. Construction and building materials. 2013. No. 44. Pp. 161-167.

Стаття надійшла в редколегію 06.04.2017