

На правах рукописи

РЕМЕЗОВА ТАТЬЯНА ИВАНОВНА

**ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ТЕПЛОЭФФЕКТИВНЫХ
КЕРАМЗИТОБЕТОННЫХ МОНОЛИТНЫХ НАРУЖНЫХ СТЕН
С ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ КАНАЛАМИ**

05.23.08 – Технология и организация строительства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск – 2010

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Веригин Юрий Алексеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Гныря Алексей Игнатьевич

кандидат технических наук, доцент
Кузнецов Сергей Михайлович

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (Сибстрин)

Защита состоится 12 февраля 2010 года в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.265.01 при Томском государственном архитектурно-строительном университете по адресу: 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ТГАСУ, корпус 5, ауд. 307/5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского государственного архитектурно-строительного университета.

Автореферат разослан 11 января 2010 г.
Ученый секретарь
диссертационного совета

Копаница Н.О.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Монолитное домостроение занимает значимое место в строительной отрасли. Разработаны технологии возведения малоэтажных и многоэтажных зданий с применением тяжелых и лёгких бетонов. Но для климатических условий Сибирского региона керамзитобетонные монолитные наружные стены в однородном исполнении не соответствуют условиям энергосбережения, а существующие технологические решения возведения монолитных керамзитобетонных стен зданий недостаточно эффективны. В связи с этим приняты новые нормативные документы по тепловой защите зданий.

Актуальность направлений исследования в диссертационной работе обусловлена необходимостью совершенствования технологических решений при возведении монолитных керамзитобетонных наружных стен зданий с повышенными теплозащитными свойствами на основе реализации идеи выполнения в этих стенах вертикальных цилиндрических каналов. На первом этапе работы была исследована эффективность технологии возведения монолитной керамзитобетонной стены с вертикальными каналами без их заполнения эффективным утеплителем. Установлено, что такая технология применима для южных районов России, поскольку существенно снижается вес конструкции, но вследствие конвективного теплообмена внутри каналов тепловая защита зданий повышается незначительно даже при наличии воздухопроницаемых мембран. Дальнейшие исследования были сосредоточены на обосновании и разработке технологии возведения керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными эффективным теплоизоляционным материалом и контролем однородности реальных потерь тепла с целью исключения «мостиков холода».

Работа выполнена в рамках тематических планов научно-исследовательских работ Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

Целью диссертационной работы является разработка научно обоснованной технологии возведения теплоэффективных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, обеспечивающей экономию топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации зданий.

Объект исследования – технология возведения керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами.

Предмет исследования – технологические строительные процессы устройства вертикальных цилиндрических каналов в керамзитобетонной монолитной наружной стене.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

– разработать совокупность технологических процессов и операций по устройству теплоэффективных вертикальных цилиндрических каналов в монолитных наружных стенах зданий;

– разработать технологическую оснастку для выполнения операций по устройству вертикальных цилиндрических каналов в керамзитобетонной стене и их заполнению теплоизоляционным материалом;

– оптимизировать параметры технологических процессов устройства вертикальных цилиндрических каналов, заполненных полистиролбетоном в керамзитобетонных монолитных наружных стенах;

– разработать систему контроля качества, регламентирующую допуски и отклонения технологических процессов устройства вертикальных цилиндрических каналов, заполненных полистиролбетоном, при возведении керамзитобетонных монолитных наружных стен;

– разработать технологический регламент производства строительных работ по предложенной технологии возведения теплоэффективных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами;

– обосновать эффективность разработанной технологии возведения теплоэффективных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами;

– разработать методику расчета расписания работ, обеспечивающую долговременный специализированный поток производственного цикла монолитно-возводимых зданий по критерию минимизации общей продолжительности проекта.

Научная новизна работы

1. Исследован процесс формирования вертикальных цилиндрических каналов в стене из керамзитобетона, для установления времени набора его прочности, обеспечивающий неизменяемость геометрических параметров каналов при извлечении полиэтиленовых пустообразователей и дальнейшего заполнения этих каналов полистиролбетоном.

2. Исследованы возможные технологические способы заполнения вертикальных цилиндрических каналов полистиролбетоном, в результате чего установлено, что метод «вертикально перемещаемой трубы» обеспечивает однородную по высоте канала структуру полистиролбетона в процессе его гидротации.

3. Исследованы характеристики полистиролбетона и выявлены временные пределы укладки бетонной смеси в вертикальные цилиндрические каналы, обеспечивающие удобоукладываемость, прочность и теплотехнические показатели.

Практическая значимость и реализация результатов исследования

1. Разработан технологический регламент на возведение керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами.

2. Разработана конструкция оснастки для устройства вертикальных цилиндрических каналов в монолитной наружной стене, обоснованы параметры установки, обеспечивающие оптимальные режимы работы монолитной наружной стены во время эксплуатации.

3. Результаты исследований использованы в ОАО «Стройгаз» при возведении многоэтажного жилого здания, также готовится оснастка для строительства малоэтажных зданий ЗАО проектно-производственной строительной фирмой «Алтайэнергожилстрой» в г. Барнауле, что подтверждено документально.

4. Материалы диссертации используются при изучении курсов «Технология строительного производства» в разделе «Современные технологии», «Техническая эксплуатация зданий» в разделе «Теплозащита зданий» на кафедре технологии и механизации строительства Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова.

На защиту выносятся:

– технологический регламент по практическому применению технологии возведения теплоэффективных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами;

– система пооперационного контроля качества возведения керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном, с регламентацией допусков и отклонений на основе производственных операций и процессов;

– алгоритм формирования рациональных вариантов организационно-технологических решений по возведению теплоэффективных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами;

– результаты теоретических и экспериментальных исследований теплотехнического качества эффективности технологии устройства вертикальных цилиндрических каналов в монолитных наружных стенах в зависимости от их геометрических размеров, расстояния между ними и теплотехнических характеристик теплоизоляционных материалов, заполняющих каналы;

– методика согласования основных организационно-технологических параметров частных потоков возведения керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном;

– технико-экономические показатели применения разработанной технологии возведения теплоэффективных монолитных наружных стен с вертикальными каналами.

Достоверность полученных результатов исследования базируется на научном положении теории строительного производства и экспериментальных моделях, выполненных в производственных условиях. Погрешность полученных экспериментальных данных не превышает 10 % по доверительной вероятности 0,95.

Личный вклад автора состоит в разработке технологических решений и оснастки для их осуществления, разработке методики и проведении экспериментальных исследований, участии в контроле качества строительных процессов и экономическом обосновании разработанной технологии.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы были представлены на двух всероссийских, одной международной, трех региональных практических конференциях и научных семинарах кафедры технологии и механизации строительного производства Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова и кафедры технологии строительного производства Томского государственного архитектурно-строительного университета.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 15 работах, в том числе 5 статей подготовлены и опубликованы без соавторов в журналах, входящих в перечень ВАК (3 публикации в журнале «Вестник ТГАСУ», 2 статьи в журнале «Ползуновский альманах»), получено положительное решение о выдаче патента на изобретение «Способ теплозащиты наружной монолитной стены» № 2008132532/03(040803) от 06.08.08.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 130 наименований, 4 приложений и содержит 171 страницу основного текста, в том числе 66 рисунков, 9 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность диссертационной работы, определены цель и задачи научных исследований, отражены её научная новизна и практическая значимость.

В **первой главе** проведены обзор и анализ отечественного и зарубежного опыта монолитного домостроения, современных неоднородных ограждающих конструкций наружных стен.

Проведенный анализ показывает, что современные технологические и конструктивные решения, используемые в монолитном домостроении, являются недостаточно эффективными, с точки зрения обеспечения теплозащиты ограждающих наружных конструкций, трудоемкими и экономически невыгодными для применения в монолитном домостроении. Это вызывает необходимость поиска новых технологических решений, обеспечивающих улучшение теплозащитных показателей монолитных наружных стен. Всё это определило цель и задачи диссертации, позволило сформулировать рабочую гипотезу, заключающуюся в том, что устройство в монолитных наружных стенах вертикальных цилиндрических каналов, заполненных теплоизоляционным материалом, повышает теплозащитные характеристики монолитных наружных стен и снижает ресурсоёмкость зданий. Для решения данной про-

блемы на кафедре технологии и механизации строительства АГТУ была разработана конструктивная схема утепления монолитных керамзитобетонных стен (рисунок 1). Такое конструктивное решение позволяет, помимо повышения его теплозащитных свойств, решать ряд других сопутствующих задач. Это уменьшение веса монолитных наружных стен, экономия бетона и энергоресурсов в процессе эксплуатации.

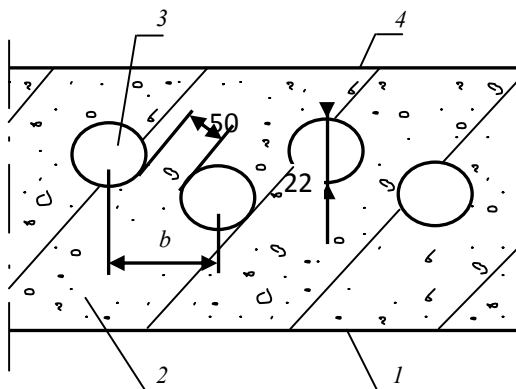


Рисунок 1 – Конструкция монолитной наружной стены с вертикальными цилиндрическими каналами:

1 – внутренняя поверхность стены; 2 – армированный керамзитобетон; 3 – вертикальный цилиндрический канал с возможным заполнением утеплителем; 4 – внешняя поверхность стены

Существенный вклад в решение актуальных задач технологии возведения монолитных бетонных ограждающих конструкций внесли такие учёные, как А.С. Арбеньев, С.С. Атаев, А.А. Афанасьев, С.Г. Головнев, А. Майер, С.А. Миронов, Б.Г. Скрамтаев, В.Д. Топчий, М.Д. Бойко, Н.Н. Данилов, Н.Г. Фомин, Э.Р. Эккерт, Т.М. Штоль и др. Многообразие и сложность стоящих перед строителями задач требует дальнейшего развития технологического моделирования процессов возведения теплоэффективных монолитных наружных ограждающих конструкций, направленных на разработку и обоснование способов повышения теплоэффективности монолитных наружных стен.

Во **второй главе** выполнены теоретические исследования теплотехнической эффективности монолитной наружной стены в зависимости от технологических процессов по устройству в ней вертикальных цилиндрических каналов, каналов, разделённых воздухопроницаемой мембраной, с заполнением и без заполнения их теплоизоляционным материалом, а также в зависимости от геометрических размеров каналов, расстояния между каналами и теплотехнических характеристик используемых теплоизоляционных материалов.

Для оценки эффективности теплозащитных свойств монолитной наружной стены использовалась программа расчёта термического сопротивления неоднородной ограждающей конструкции. Схемы расчета термического сопротивления конструкции монолитной наружной стены с вертикальными цилиндрическими каналами представлены на рисунке 2.

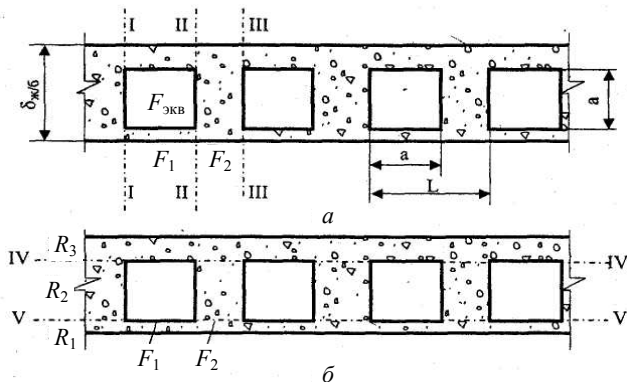


Рисунок 2 – Схемы расчета термического сопротивления конструкции монолитной, наружной стены с вертикальными цилиндрическими каналами: a – расчетная схема для определения термического сопротивления R_a ; b – расчетная схема для определения термического сопротивления R_b

Таким образом, определялись границы применимости условия при вариации геометрических и теплофизических свойств вертикальных цилиндрических каналов в монолитной наружной стене.

На рисунках 3–5 графически представлены результаты теплотехнической эффективности предложенных выше технологических решений по возведению монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами.

Из рисунка 3 следует, что технологический процесс по устройству вертикальных незаполненных цилиндрических каналов диаметром 100 мм при возведении монолитных наружных стен не оказывает влияния на теплозащитные свойства наружной монолитной стены. Устройство каналов диаметром 180 мм уменьшает теплоэффективность стены в среднем на 1,7–8,4%, а устройство каналов диаметром 225 мм уменьшает теплозащитные характеристики стен в среднем на 14 %.

Анализ графиков на рисунке 4 показывает, что устройство в наружной монолитной стене вертикальных цилиндрических каналов, разделённых воздухопроницаемой мембраной диаметром 100 мм и 180 мм, улучшает теплозащитные

свойства монолитных наружных стен по сравнению с базовым вариантом (монолитная наружная стена без каналов). Проанализировав полученные зависимости, можно отметить, что установка мембран в вертикальные цилиндрические каналы положительно влияет на теплотехнические характеристики конструкции лишь при диаметрах каналов от 100 до 180 мм, причём с уменьшением расстояния между пустотами эти характеристики увеличиваются на 0,6–2,6 %.

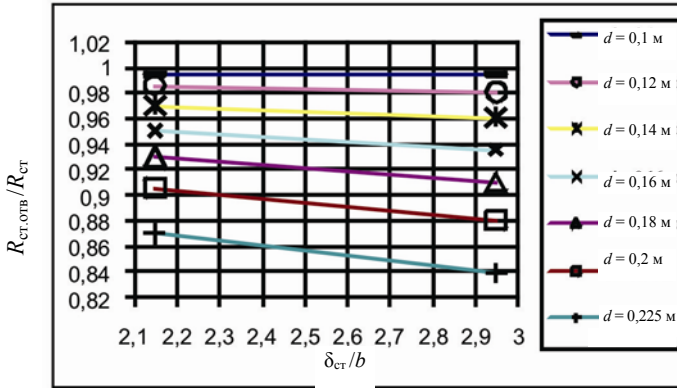


Рисунок 3 – Зависимость отношения термических сопротивлений стен с полыми каналами ($R_{ст.отв}$) и стен без каналов ($R_{ст}$) от значения отношения толщины конструкции ($\delta_{ст}$) к расстоянию (b) между осями пустот, при различных диаметрах каналов (d)

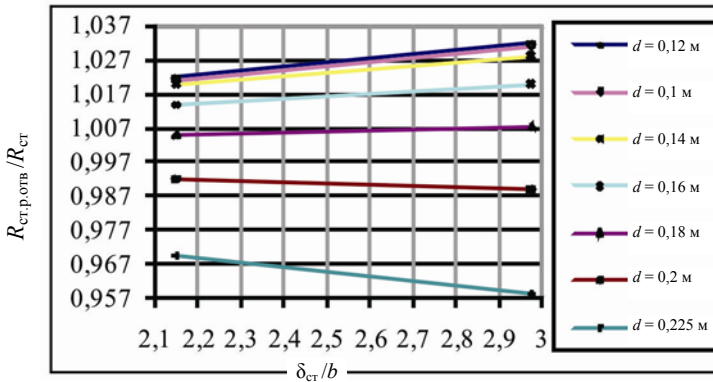


Рисунок 4 – Зависимость отношения термических сопротивлений стен с разделёнными каналами ($R_{ст.р.отв}$) и стен без каналов ($R_{ст}$) от значения отношения толщины конструкции ($\delta_{ст}$) к расстоянию (b) между осями каналов при различных диаметрах каналов (d)

Как видно из рисунка 5, устройство вертикальных цилиндрических каналов диаметром 180–225 мм в наружных монолитных стенах, с последующим заполнением их теплоизоляционным материалом с теплопроводностью $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, увеличивает теплозащитные характеристики в среднем на 45–65 %.

Конструкция монолитной наружной стены с вертикальными цилиндрическими каналами диаметром 225 мм при минимальном расстоянии между ними $b = 275 \text{ мм}$, обеспечивающим ребро жесткости между каналами, заполненными теплоизоляционным материалом с $\lambda=0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, являются наиболее эффективными из всех рассмотренных.

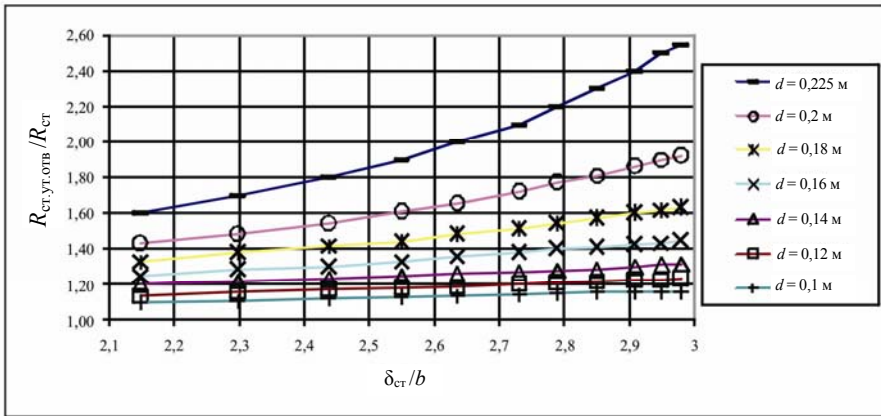


Рисунок 5 – Зависимость отношения термического сопротивления стены с каналами ($R_{ст,ут}$), заполненными теплоизоляционным материалом с теплопроводностью $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, к термическому сопротивлению стены ($R_{ст}$) без каналов от значения отношения толщины стены ($\delta_{ст}$) к расстоянию (b) между осями каналов, при соответствующих диаметрах каналов (d)

Это объясняется рациональным расположением теплоизоляционных материалов в ограждающих конструкциях. Так, в стене с каналами, заполненными утеплителем, средний теплоизоляционный слой обеспечивает резкое затухание температурных волн и прогрев внутреннего теплоаккумулирующего слоя теплым воздухом, а внутренний керамзитобетонный слой, имеющий высокие значения теплопоглощения и теплоёмкости, обеспечивает стабильность теплового режима в помещениях.

В результате исследований выявлено, что предлагаемая технология обеспечивает необходимые требования по тепловой защите зданий (потребительский подход) при устройстве в монолитной наружной стене каналов диаметром от

180 мм до 260 мм (с расстоянием между каналами от 230 мм до 310 мм) и последующим их заполнением эффективным теплоизоляционным материалом.

В **третьей главе** представлены методика и результаты экспериментальных исследований теплотехнического качества технологических процессов по устройству вертикальных цилиндрических каналов без заполнения (с заполнением) теплоизоляционным материалом и с установкой вертикальной воздухонепроницаемой мембраны в керамзитобетонной монолитной наружной стене.

Исследование проводилось в монолитном 15-этажном жилом доме, возводимом ОАО «Стройгаз» по ул. Попова г. Барнаула (рисунок 6). При возведении дома на 14-м этаже в осях 8–11 монолитные наружные стены перфорированы вертикальными цилиндрическими каналами диаметром 225 мм без утепляющего материала. На 15-м этаже в осях 8–12 монолитные наружные стены перфорированы вертикальными цилиндрическими каналами, которые разделены по вертикали воздухонепроницаемой мембраной.



Рисунок 6 – Монолитный 15-этажный жилой дом по ул. Попова, г. Барнаул



Рисунок 7 – Схема измерения плотности теплового потока

Для измерения температур на наружных и внутренних поверхностях стен и в толще конструкции, применялись хромель-капельные термопары (24 шт). Измерения тепловых потоков проводились преобразователем теплового потока (модель ПТП-1.11.01.30.11 №14156, изготовлен Киевским институтом технической физики). Схема установки преобразователя теплового потока по точкам измерения теплового потока приведена на рисунке 7.

Плотность теплового потока q ($\text{Вт}/\text{м}^2$), проходящего через преобразователь, рассчитывают по формуле

$$q = k \cdot U, \quad (1)$$

где $k = 2,7 \text{ Вт/м}^2 \text{ мВ}$ – поправочный коэффициент, U – напряжение потенциометра, мВ.

Термическое сопротивление определялось по нормативной методике ГОСТ 25380 «Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции».

$$R_0 = \frac{t_v - t_n}{k \cdot U} \text{ м}^2 \text{С/Вт} . \quad (2)$$

Результаты расчета термического сопротивления и эксперимента по распределению температуры в толще керамзитобетонной стены и локальных плотностей тепловых потоков представлены в таблице 1.

Отклонения теоретических и экспериментальных значений температур не превышают 15 %.

Измерение тепловых потоков и температурных полей наружной конструкции стены проводилось в течение 2 суток, температура воздуха принималась осреднённая за сутки. Результаты измерений представлены на рисунке 8.

Показания датчика хаотично пульсировали при небольших изменениях температуры наружного воздуха и внутри помещения, что определяет равновесный разброс измеренного фактического термического сопротивления в диапазоне 80 % от среднего результата.

Термическое сопротивление, рассчитанное от измеренного температурного поля, плавно меняется в зависимости от температур, а его значения близки к расчётному термическому сопротивлению.

Расчеты и экспериментальные исследования по эффективности заполнения каналов пенополистиролом выполнены совместно с сотрудниками Томского государственного архитектурно-строительного университета.

На рисунке 9 показан характер распределения температур, полученных на основе численных результатов и эксперимента. Анализ графика показывает, что максимальные возмущения температурного поля наблюдаются в плоскостях контакта утеплителя с керамзитобетоном. После выхода системы на стационарный режим теплопередачи (кривая 1) абсолютные значения перепадов температур в плоскостях контакта утеплителя с керамзитобетоном составляют $\pm 3,2 \text{ }^\circ\text{С}$. Абсолютные значения экспериментальных перепадов температур в этих плоскостях составляют $\pm 3,4 \text{ }^\circ\text{С}$.

Установлено, что в центре фрагмента неоднородной керамзитобетонной стены располагается сечение с максимальным значением трансмиссионной теплоты, до которого основная часть теплоты отводится от оси фрагмента на его периферию, после которого тепловой поток подводится с периферии к оси фрагмента. На рисунке 10 представлены графики распределения плотностей тепловых потоков в фрагменте керамзитобетонной стены.

Таблица 1 – Расчетные и экспериментальные значения температуры

Метод исследования	Экспериментальный									
	I вариант		II вариант			III вариант			III вариант	
Варианты	+13	+13	+13	+13	+13	+13	+13	+13	+13	+13
$t_b, ^\circ\text{C}$	-8	-25	-8	-8	-25	-8	-8	-8	-8	-8
$t_{\text{ит}}, ^\circ\text{C}$	I	I	I	II	I	II	I	II	I	II
Плоскость, м	+11,8±0,3	+10,3±0,4	+9±0,4	+9±0,4	+11,2±0,4	+11,2±0,4	+11,4±0,4	+11,4±0,4	+10±0,3	+10±0,3
0,2			-0,3±0,3		-1±0,3		+1,7±0,4		+0,5±0,2	
0,275				-0,5±0,4			-4,5±0,3	+1±0,3		-1,3±0,4
0,313(экр.)							+0,5±0,3		-5±0,5	
0,388(экр.)								-0,5±0,3		-6±0,4
0,425			-2±0,3		-9±0,3		-1,5±0,4		-11,3±0,3	
0,5										
0,67	-6,8±0,4	-24,3±0,4	-7,8±0,5	-7,8±0,5	-21,8±0,5	-22±0,5	-7,6±0,3	-7,6±0,4	-23,5±0,4	-23,01±0,4
$R_{\text{ср}}, \text{M}^2\text{/}^\circ\text{C/Вт}$	1,3	1,77	1,03	1,03	1,45	1,45	1,2	1,2	1,7	1,7
$q_{\text{ср}}, \text{Вт/м}$	16	21,5	20,4	20,4	26,2	26,2	17,5	17,5	22,4	22,4
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	21	38	21	21	38	38	21	21	38	38
$R_{\text{расч}}, \text{M}^2\text{/}^\circ\text{C/Вт}$	1,35			1,18			1,31			
$q_{\text{расч}}, \text{Вт/м}^2$	43,7			49,83			45			
$\Delta T_{\text{расч}}, ^\circ\text{C}$	59			59			59			

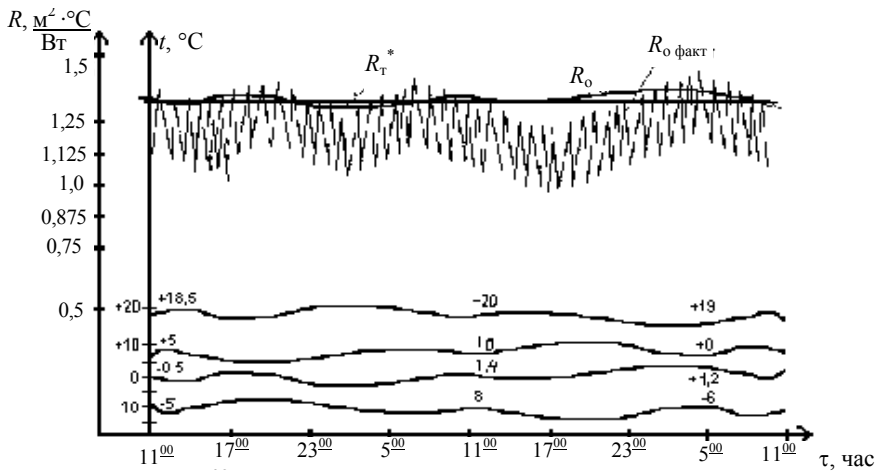


Рисунок 8 – Характер изменения термического сопротивления и температурных полей наружной конструкции стены:
 R_T^* – термическое сопротивление, рассчитанное по температурным полям; R_0 – термическое сопротивление расчетное; $R_0 \text{ факт}$ – термическое сопротивление, рассчитанное по тепловому потоку

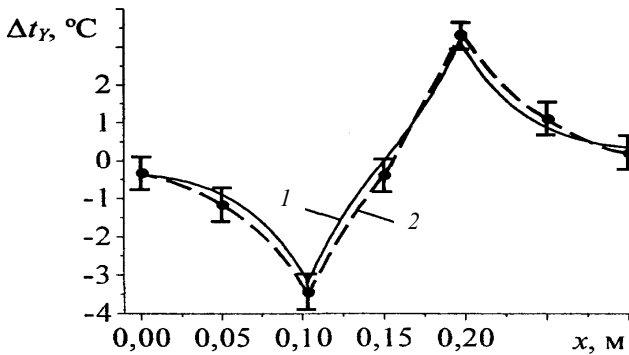


Рисунок 9 – Распределение перепадов температур в стационарном режиме теплопередачи:
 1 – результаты численного расчета; 2 – экспериментальные данные по средним значениям показаний термодпар

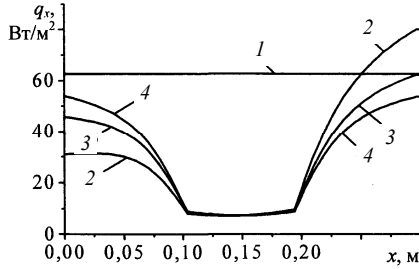


Рисунок 10 – Распределение плотностей тепловых потоков по оси x для однородного (1) и утепленного (2–4) фрагментов керамзитобетонной стены в различные моменты времени:
 1 – $\tau = 0$ ч; 2 – $\tau = 5$ ч; 3 – $\tau = 12$ ч; 4 – $\tau = 168$ ч

Таким образом, сопоставительный анализ результатов численного расчета и экспериментальных данных показал их удовлетворительную согласованность между собой, что подтверждает адекватность использованной физико-математической модели нестационарного двухмерного теплопереноса, возможность применения при расчете конструкций со вставками, имеющими круглое поперечное сечение, а также замены на равновеликое квадратное сечение. Необходимо отметить, что пенополистирол, используемый в теоретических и экспериментальных исследованиях, с теплопроводностью $0,05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ не обеспечивает на период эксплуатации наружных стен требуемую степень долговечности и пожарной опасности. На основе анализа теплозащитных характеристик наружных стен различных конструкций и технологичности применения установлено, что рациональным вариантом является применение в качестве теплоизоляционного материала полистиролбетона, поэтому для практического применения предложен полистиролбетон с теплопроводностью $0,07 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$, обеспечивающий требуемые эксплуатационные характеристики зданий, при этом теплотехническое качество стен изменится незначительно, в пределах $0,05 \%$.

В работе выполнены экспериментальные исследования технологических процессов по устройству вертикальных цилиндрических каналов в керамзитобетонной монолитной наружной стене с последующим заполнением их полистиролбетоном в реальных условиях эксплуатации, где отклонения экспериментальных расчетных значений теплотехнических показателей не превышает 10% . Анализ результатов исследования теплотехнического качества стены положен в основу разработки рекомендаций по практическому применению технологических решений возведения монолитных наружных стен из керамзитобетона с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном.

В четвертой и пятой главах рассмотрены вопросы, относящиеся к технологическому регламенту и эффективности возведения монолитных наружных стен с вертикальными каналами, заполненными полистиролбетоном, и перспективы дальнейших научных исследований по теме диссертации.

Последовательность формирования организационно-технологических решений по возведению монолитных наружных стен базировалась на оценке тепло-технической эффективности конструкции монолитной наружной стены с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном, в зависимости от их диаметра и расстояния между ними, а также определении нормативного значения удельного энергопотребления здания в целом или отдельных замкнутых объёмов проектируемого здания. После определения границ применимости полученных результатов, на основе критерия эффективности проводился выбор варианта технологии возведения монолитных наружных стен с вертикальными каналами в зависимости от выбранного диаметра и расстояния между каналами. Эти данные используются при проектировании проекта производства работ.

Технологический регламент содержит следующие процессы:

1) монтаж внутренней конструкции опалубки осуществляется по высоте или ярусу бетонируемой конструкции в зависимости от применяемой опалубки;

2) монтаж пустотообразователей производится краном с применением траверсы на комплект пустотообразователей в зависимости от размеров стены и подается на место монтажа. Комплект пустотообразователей устанавливается в металлический каркас, сваренный из арматуры диаметром 6 мм, что позволяет фиксировать пустотообразователи от сдвига. Пустотообразователи монтируются с эксцентриситетом 0,075 м между осями установки, с минимальным расстоянием между каналами 0,05 м, что обеспечивает пространственную жёсткость конструкции. Для устройства каналов применяется оснастка из труб, изготовленных из полиэтилена низкого давления, общее количество пустотообразователей устанавливается из расчета на 1 погонный метр длины стены, исходя из диаметра пустотообразователя. Совместно с монтажом пустотообразователей производится монтаж плоских каркасов;

3) монтаж наружной конструкции опалубки осуществляется по высоте или ярусу конструкции в зависимости от применяемой опалубки;

4) бетонирование наружных стен толщиной 670 мм производится керамзитобетоном (класс В12,5), методом «кран-бадья» с использованием поворотного бункера;

5) демонтаж пустотообразователей производится краном после набора прочности керамзитобетоном (8 % от R_{28}) с применением траверсы;

6) бетонирование вертикальных каналов производится методом «вертикально перемещаемой трубы», что обеспечивает однородную по высоте канала структуру полистиролбетонной смеси марки М5 и сохраняемость её свойств в течение времени, согласованного с потребителем, но не менее 1 часа;

7) демонтаж опалубки производится краном после достижения бетоном прочности 3,5 МПа, что является достаточным для демонтажа опалубки и выполнения последующих монтажных работ.

Рисунок 11 иллюстрирует последовательность формирования организационно-технологических решений проектирования производства работ возведения керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами.

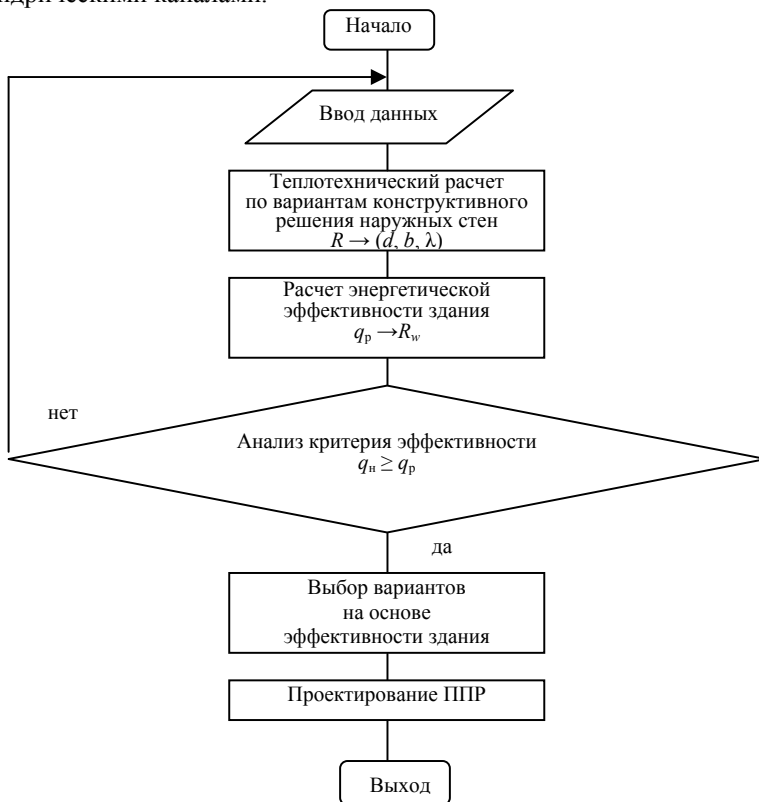


Рисунок 11 – Последовательность формирования организационно-технологических решений проектирования производства работ возведения керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном:

R – термическое сопротивление; d – диаметр канала; b – расстояние между каналами; λ – теплопроводность теплоизоляционных материалов; q_p – расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление 1 м^2 ; q_n – нормативный удельный расход тепловой энергии на отопление 1 м^2

На рисунках 12–14 представлены строительные процессы, выполненные в построечных условиях по предлагаемой технологии возведения монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном.



Рисунок 12 – Подача пустообразователей краном с применением траверсы



Рисунок 13 – Монтаж пустообразователей



Рисунок 14 – Наружная монолитная стена с вертикальными каналами, заполненными полистиролбетоном

Для обеспечения организационно-технологической надежности возведения керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном, разработан операционный контроль качества на выполнение дополнительных строительных процессов и операций. Основным документом при осуществлении операционного контроля является схема операционного контроля качества. Она содержит: 1) схему и эскиз с выносной допускаемых отклонений и перечнем основных требований к качеству монтажа пустообразователей, представленных на рис. 15; 2) перечень подлежащих контролю операций с указанием лиц, осуществляющих контроль; 3) состав контроля; 4) способ контроля; 5) время контроля; 6) указания о привлечении к проверке данной операции строительной лаборатории, геодезической службы; 7) указания о необходимости предъявления данной операции как скрытой работы.

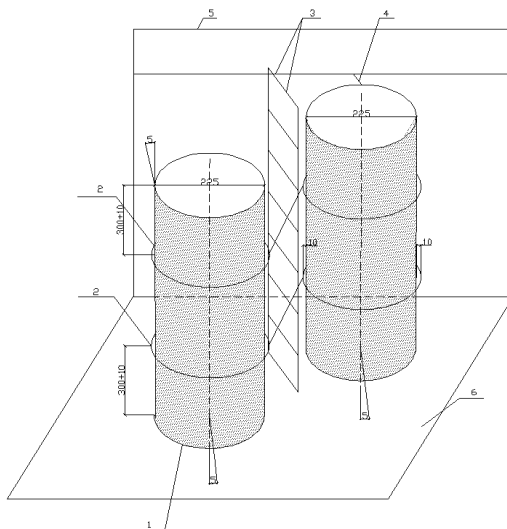


Рисунок 15 – Эскиз монтажа пустообразователей с выноской допускаемых отклонений:

1 – пустообразователь; 2 – металлический каркас из арматуры диаметром 3 мм; 3 – металлический каркас бетонизируемой наружной конструкции стены; 4 – металлический фиксатор, обеспечивающий необходимое расстояние между пустообразователями и щитами опалубки; 5 – палуба внутренней опалубки; 6 – основание установки пустообразователей

Результатом исследований является система допусков и отклонений в размерах и положении вертикальных цилиндрических каналов, заполненных полистиролбетоном, при возведении керамзитобетонных монолитных наружных стен.

Продолжительность бетонирования керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном, объемом 100 м^3 составляет 5 дней в две смены на одном участке. Общая продолжительность работ с одним комплектом опалубки и оснастки при последовательном выполнении строительных процессов составляет 20 дней. При наличии двух комплектов опалубки и оснастки продолжительность работ сокращается на 2,5 смены и составляет 17,5 дней в две смены. Сокращение продолжительности работ происходит за счет разделения и перемещения бригады с одного участка на другой, т. е. работы выполняются последовательно-параллельным методом.

При организации работ кратноритмичным потоком общая продолжительность выполнения работ сокращается на 12 дней. Циклограмма производства работ на возведение керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном, приведена на рисунке 16, работы выполняются двумя бригадами при наличии двух комплектов опалубки и оснастки.

Основные преимущества данного решения: работают две бригады в постоянном ритме (2 смены), кратном бетонированию; продолжительность работ составляет 8 дней в 2 смены при укладке 400 м³ бетона; сокращение продолжительности работ – в 2,5 раза. Каждый процесс необходимо выполнять специализированными звеньями, которые объединены в комплексную бригаду.



Рисунок 16 – Циклограмма производства работ на возведение монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном:

1 – монтаж опалубки и оснастки на двух рабочих участках; 2 – бетонирование; 3 – выдерживание бетона; 4 – демонтаж пустообразователей; 5 – бетонирование каналов полистиролбетоном; 6 – демонтаж опалубки

Предложена методика, рассматривающая комплекс возводимых объектов как многовариантную задачу, позволяющую оптимизировать расстановку объектов в расписании их реализации таким образом, чтобы обеспечивался требуемый технологический принцип последовательности работ и потоков, и минимально возможная продолжительность их возведения. При этом каждый из объектов структурно представляет специализированный поток по этапам строительства в строго технологически закрепленной последовательности возведения здания.

Результаты исследований позволили решить следующие задачи: обеспечение монолитности и непрерывности возводимой конструкции; возведение несущего-ограждающих конструкций стен при полной механизации сопутствующих технологических операций; возможность увеличения теплозащитных свойств монолитных наружных стен в сравнении с базовым вариантом до 65 %; устройство вертикальных цилиндрических каналов в монолитных конструкциях позволяет снизить расход бетона и вес конструкций до 20 % и уменьшить расход тепловой энергии на отопление во время эксплуатации зданий. Конструкция и оснастка пустотообразователей проста в устройстве и эксплуатации, при этом возможно многократное их использование.

Нагрузка с 1 м¹ наружной стены из керамзитобетона с вертикальными каналами, заполненными полистиролбетоном, в сравнении с базовым вариантом уменьшилась на 679,1 кг, что привело к снижению нагрузки на фундамент с каждого этажа на 19,94 %. При устройстве монолитной бетонной подушки фундамента под здание возможно уменьшение объема бетона до 25 %.

Расчетная экономия тепла за счет реализации разработанной технологии составила полную окупаемость дополнительных инвестиций на 6-й год расчета. За рассматриваемый период (10 лет) индекс доходности составил 1,58, что свидетельствует об эффективности вложенных в данный проект инвестиций.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. По результатам теоретических и экспериментальных исследований установлено, что технологические процессы по устройству вертикальных цилиндрических каналов диаметром 180–260 мм, расположенных на расстоянии от 230 до 260 мм с последующим заполнением теплоизоляционным материалом теплопроводностью $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ в керамзитобетонной монолитной наружной стене, улучшают теплотехническое качество наружных стен в сравнении с базовым вариантом (керамзитобетонная монолитная наружная стена) в среднем на 45–65 %, что обеспечивает необходимые требования по тепловой защите зданий.

2. Исследован процесс формирования вертикальных цилиндрических каналов в стене из керамзитобетона и установлено время набора его прочности, обеспечивающее неизменяемость геометрических параметров каналов при извлечении полиэтиленовых пустотообразователей и дальнейшего заполнения этих каналов полистиролбетоном.

3. Разработан алгоритм формирования организационно-технологических решений возведения теплоэффективных монолитных керамзитобетонных наружных стен с вертикальными каналами.

4. Разработана и научно обоснована конкурентоспособная технология возведения монолитной керамзитобетонной стены с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном.

5. Разработана система контроля качества при возведении керамзитобетонных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном, включающая организационную структуру и систему нормативных допусков и отклонений при пооперационном контроле качества, дополняющая существующие требования действующих нормативных документов.

6. Разработан комплект типовых технологических карт на весь комплекс технологических переделов при возведении керамзитобетонных монолитных наружных стен, дополняющий современную нормативно-технологическую документацию: технологические нормы и правила, существующие по этим производственным процессам.

7. Разработана конструкция оснастки для устройства вертикальных цилиндрических каналов в монолитной наружной стене. Обоснованы параметры установки, обеспечивающие оптимальные режимы работы монолитной наружной стены во время эксплуатации.

8. Разработана технология поточного производства работ по возведению монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном монолитных зданий. Установлено, что сокращение продолжительности выполнения работ достигается при применении кратноритмичного потока. При этом продолжительность выполнения работ сокращается на 12 дней (с 20 дней до 8 дней) при укладке 400 м^3 .

9. Выявлены временные пределы укладки бетонной смеси методом «вертикально перемещаемой трубы» в вертикальные цилиндрические каналы, что обеспечивает удобоукладываемость, однородную по высоте канала структуру полистиролбетона в процессе его гидратации и необходимые теплотехнические показатели.

10. Использование разработанной технологии позволяет снизить расход керамзитобетона до 20 % и уменьшить расход тепловой энергии на отопление здания до 30 %; срок окупаемости затрат, связанных с выполнением новых дополнительных операций по повышению теплотехнических характеристик здания, достигается на 6-й год эксплуатации.

11. Разработанная технология внедрена в проектных и строительных организациях.

Публикации по теме диссертации

1. Ремезова, Т.И. Технология возведения теплоэффективных керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими

- каналами, заполненными полистиролбетоном / Т.И. Ремезова // Вестник ТГАСУ, 2009. – № 3. – С. 111–117.
2. Ремезова, Т.И. Обеспечение организационно-технологической надежности возведения керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами, заполненными полистиролбетоном / Т.И. Ремезова // Вестник ТГАСУ, 2009. – № 4. – С. 162–169.
 3. Ремезова, Т.И. Теоретические исследования теплозащитных характеристик монолитной наружной ограждающей конструкции с вертикальными цилиндрическими каналами / Т.И. Ремезова // Вестник ТГАСУ, 2008. – № 4. – С. 81–86.
 4. Макейкина, Т.И. Анализ методов теплотехнического расчета неоднородных конструкций наружных стен / Т.И. Макейкина // Ползуновский альманах АГТУ, 2008. – № 1. – С. 93–96.
 5. Макейкина, Т.И. Теплотехнический анализ монолитной наружной конструкции с вертикальными цилиндрическими каналами / Т.И. Макейкина // Ползуновский альманах АГТУ, 2008. – № 1. – С. 97–99.
 6. Макейкина, Т.И. Технология теплоэффективных монолитных наружных стен / Т.И. Макейкина // Материалы Всерос. научно-практ. конф. «Инновации, качество, образование – перспективы развития дорожного комплекса России». – Б. : КГУ «Алтайавтодор», 2007. – Ч. 2. – С. 174–178.
 7. Макейкина, Т.И. Технология возведения монолитных стен с пустотами цилиндрической формы с целью повышения теплозащиты / Т.И. Макейкина, М.М. Титов, В.И. Власов // 58-я научн.-техн. конфер. – Барнаул: АГТУ, 2000. – С. 148.
 8. Макейкина, Т.И. Исследование теплопроводности керамзитобетонных стен с каналами цилиндрической формы / Т.И. Макейкина, М.М. Титов // 58-я научн.-техн. конфер. – Барнаул : АГТУ, 2000. – С. 149.
 9. Макейкина, Т.И. Определение фактического термического сопротивления / Т.И. Макейкина, М.М. Титов // Ползуновский альманах АГТУ, 2001. – № 3. – С. 138–139.
 10. Макейкина, Т.И. Параметрический анализ термического сопротивления керамзитобетонных наружных стен с вертикальными пустотами / Т.И. Макейкина, А.Н. Хуторной // Вестник ТГАСУ, 2002. – № 1. – С. 89–93.
 11. Макейкина, Т.И. Теплотехнические и экономические показатели керамзитобетонных стен с вертикальными пустотами / Т.И. Макейкина А.Н. Хуторной, А.В. Колесникова // Межд. науч. технич. конф. – Майорка, Испания. – ISBN 5-93057-097-3. – 2003. – С. 57–61.
 12. Макейкина, Т.И. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции / Т.И. Макейкина // 60-я научн.-техн. конф. – Барнаул: АГТУ, 2003. – С. 45.

13. Макейкина, Т.И. Обоснование математической модели теплопереноса в монолитной наружной стене с вертикальными утепляющими каналами / Т.И. Макейкина, А.В. Колесникова, А.Н. Хуторной. – Томск: ТГАСУ, ВИНТИ РАН 09.08.05 №1130-B2005. – 26 с.
14. Макейкина, Т.И. Применение энергоэффективных технологий в жилищном строительстве / Т.И. Макейкина, А.А. Силин // 62-я Всерос. научн.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Барнаул: АГТУ, 2005. – С. 45.
15. Положительное решение о выдаче патента на изобретение. Способ теплозащиты наружной монолитной стены. № 2008132532/03(040803) / Т.И. Макейкина. – От 06.08.08.

(Свидетельство о перемене имени. Макейкина Т.И. переименовала фамилию на Ремезову Т.И., от 12.08.08 г., составлена запись акта о перемене имени № 31).

Подписано в печать.

Формат 60×90/16. Бумага офсет. Гарнитура Таймс.
Уч.-изд. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ №

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.
634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15.