



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279,
ОКПО 02068574

Политехническая ул., 29, С.-Петербург, 195251
Телефон (812) 297-20-95, факс 552-60-80
E-mail: office@spbstu.ru

№ _____
на № _____ от _____

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Федулова Евгения Сергеевича на тему: «Технология устройства анкерных креплений в газобетонных несущих и ограждающих конструкциях методом нагнетания», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.08– «Технология и организация строительства».

Актуальность темы.

Использование первичных средств крепления при возведении строительных конструкций металлических каркасов, подвесок для инженерных систем зданий, устройства отделочных элементов обеспечивает возможность расширить вариативность сопряжения элементов зданий.

Вопрос обеспечения высокой надежности крепления фасадных систем к конструкциям из газобетона при воздействии повышенных нагрузок на них требует проведение дополнительных исследований в целях обеспечения безопасности зданий и сооружений. Анкерные системы являются незаменимым элементом сопряжения вновь устраиваемых строительных конструкций с ранее возведенными.

С учетом невысоких прочностных и деформационных характеристик строительных изделий из газобетона необходима разработка специальных конструктивных и технологических решений при устройстве в них анкерных креплений для обеспечения высоких и стабильных показателей несущей способности крепления наряду с сокращением стоимости и трудоемкости устройства креплений.

Существующие способы устройства анкерных креплений при креплении в газобетон обладают рядом недостатков: снижение несущей способности с течением времени, значительное нарушение структуры базового материала при установке анкера, невозможность обеспечения достаточной зоны проникновения клеевой композиции в поровое пространство.

В совокупности эти обстоятельства требуют более совершенных технологических решений устройства анкерных креплений в газобетоне для обеспечения высоких и стабильных показателей несущей способности крепления.

В результате анализа предыдущих исследований автором формулируются цели и задачи диссертации, состоящие в разработке технологического процесса устройства анкерных креплений обеспечивающего повышенные физико-механические свойства соединения нагнетанием клеевой композиции в массив базового поризованного материала.

Научная новизна полученных автором результатов исследований включает обоснование целесообразности применения нового усовершенствованного метода устройства анкерных креплений в газобетонных изделиях; разработаны физическая и математическая модели характера распространения клеевой композиции в поровом пространстве газобетона в зависимости от параметров подачи, свойств клеевой композиции и свойств материала; получены аналитические зависимости, позволяющие определить скорость движения клеевой композиции в нагнетательной установке и скорость её проникновения в поровую структуру газобетона.

Достоверность результатов исследований базируется на применении современных методов исследований предложенной технологии с использованием метода математического планирования экспериментов; проведение экспериментальных исследований с использованием поверенных приборов; выполнением статистической обработки полученных экспериментальных данных с применением современного программного продукта: *Curve Expert 1.3, Comsol Multiphysics*.

Практическое значение и реализация работы.

На основе представленных в диссертации научных исследований разработан и запатентован в соавторстве новый улучшенный способ устройства анкерных креплений в газобетонных изделиях методом нагнетания;

Внедрен технологический регламент по устройству анкерных креплений в несущих и ограждающих конструкциях из газобетона методом нагнетания», который утвержден ООО «Центр экспертизы и проектирования строительных конструкций» // ООО «ЦЭиПСК» и использован в рамках выполнения раздела ППР: «Рабочий проект на устройство навесных вентилируемых фасадов без утепления входной группы частного жилого дома, расположенного по адресу: Ленинградская область, п.г.т. Лебяжье, ТПЛХ «Авиатор», участок 208».

Получен экономический эффект от внедрения предложенного технологического решения в виде сокращения стоимости 8,2% при монтаже 1

кв.м. навесного вентилируемого фасада при незначительно возрастающей трудоемкости.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, основных выводов, списка литературы, включающего 121 наименование, 6 приложений. Общий объем диссертации составляет 173 страниц, в том числе 28 страниц приложений. В работе представлено 56 рисунков, 38 таблиц, 22 формулы.

Во введении обоснована актуальность темы, научная новизна и практическая ценность работы сформулированы цель и задачи исследований.

В первой главе раскрыта актуальность научных исследований на основании анализа существующих способов и технологий устройства анкерных креплений, раскрыты их достоинства и недостатки. Представлен обзор механики разрушения анкерных креплений и влияние конструктивных элементов анкеров на способы монтажа. Рассмотрены методы расчета несущей способности анкерных креплений в газобетон и пути повышения их надежности

Во второй главе приведены теоретические предпосылки возможности повышения качества конструктивно-технологических устройства анкерных креплений в газобетонных элементах методом нагнетания. Исследованы технические характеристики газобетона и клеевых композиций, проанализированы достоинства, недостатки и область применения различных клеевых композиций. Предложен новый способ устройства анкерных креплений с учетом разработанных требований. Дано теоретическое обоснование параметров процессов перемещения жидкостей в пористых основаниях и предложена физическая модель движения клеевой композиции по макро- и микрокапиллярам газобетонного основания.

Третья глава посвящена, *что является существенным положительным качеством диссертации*, экспериментальным исследованиям, описана конструкция экспериментального стенда и перечень технологических операций по устройству анкерных креплений методом нагнетания. Приведены технологические операции при установке креплений. Определен объем комбинаций технологических параметров, позволяющий многогранно исследовать необходимые зависимости. Рассмотрена методика проведения испытания анкера на вырыв, позволяющая выявить фактическую схему работы анкера под нагрузкой с возможностью фиксации остаточных деформаций. Приведены результаты испытаний анкерных креплений на отрыв. Получены основные зависимости несущей способности анкерных креплений от технологических режимов. Построены графики, позволяющие провести качественный и количественный анализ эффективности новой технологии и определить рациональные технологические параметры – плотность материала, вязкость клеевой композиции, значение избыточного давления нагнетания, время нагнетания. Путем аппроксимации данных испытаний представлены аналитические зависимости, позволяющие прогнозировать несущую способность анкерного крепления в зависимости от технологических режимов

нагнетания. Приведены рекомендации по подбору технологических режимов нагнетания клеевых композиций.

В четвертой главе проведено технико-экономическое сравнение вариантов устройства анкерных креплений при монтаже навесных вентилируемых фасадов. Рассмотрено формирование трудозатрат при различных вариантах крепления. Разработаны технологические указания по устройству анкерных креплений в газобетонных основаниях по критерию несущей способности. Разработаны методы контроля качества установленных анкерных креплений.

В приложении представлены акт о производственной апробации разработанной технологии, паспорта и сертификаты используемых газобетонных элементов и компонентов клеевых композиций, предложенных автором, что подтверждает актуальность и практическую направленность диссертационного исследования.

В выводах и рекомендациях обобщены основные результаты исследований, которые отвечают поставленным задачам диссертации.

Оценивая оформление диссертации, следует отметить, что работа написана доступным и технически грамотным языком. Автор четко и ясно излагает суть научных и экспериментальных исследований. Все четыре главы диссертации представляют собой законченные самостоятельные разделы.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО РАБОТЕ

Отмечая научную и практическую значимость работы, высокую степень обоснованности основных ее результатов, следует также указать на некоторые недостатки, присущие диссертации.

1. К сожалению представленная во второй главе математическая модель распространения клеевой композиции в теле газобетона не находят конкретного подтверждения в последующих экспериментальных исследованиях.

Вызывает сомнение представление о том, что клеевая композиция характеризуется ньютоновской вязкостью (модель Ньютона).

Без сомнения это вязкопластическое Бингамово тело, свойства которого характеризуются не только вязкостью (принято называть пластической вязкостью η_{nn}), но и предельным напряжением сдвига τ_T . Движение такой жидкости в трубе характеризуется наличием цилиндрического ядра вдоль продольной оси и не может быть описано законом Пуазейля. Касательные напряжения внутри этого объема меньше предельного напряжения сдвига. $\tau < \tau_T$

Расход течения определяется по формуле Букингема - Рейнера

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8l \eta_{nn}} \left[1 - \frac{4}{3} \frac{2\tau_T l}{R \Delta p} + \frac{1}{3} \left(\frac{2\tau_T l}{R \Delta p} \right)^4 \right]$$

В таких средах турбулентного движения не возникает из-за большой вязкости.

2. Общая формула несущей способности анкерного крепления имеет вид: $N_{ср\text{эфф}} = 0,26\pi * d_{n,кр} * l_{анк.эфф} * R$, где $d_{n,кр}$ – диаметр, по которому происходит разрушение, мм; $l_{анк.эфф}$ – эффективная глубина анкеровки, мм; R – прочность газобетонного камня, МПа.

Здесь площадь разрушения характеризуется цилиндрической поверхностью. В тоже время на странице 92 табл. №24 она имеет вид конической поверхности.

3. Каким образом автор предлагает реализовать «методику наблюдения за работой анкера в течение эксплуатации». В этот период важно влияние клеевой композиции на деструкцию полимерного дюбеля.

4. В выводах отсутствуют конкретные рекомендации по режимам технологического процесса в виде, например, таблицы, включающей тип дюбеля, клеевую композицию, давления и времени нагнетания.

Переходя к общей оценке необходимо отметить, что диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, и, как квалификационная работа, соответствует п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. №842. В диссертации решена научная задача, имеющая существенное народнохозяйственное значение в развивающейся рыночной экономике РФ, направленная на создание принципиально новых технологий с использованием первичных средств крепления при возведении строительных конструкций металлических каркасов, подвесок для инженерных систем зданий, устройства отделочных элементов, обеспечивающих возможность расширения вариативности фасадов зданий.

Автореферат и публикации достаточно полно отражают основные положения диссертации.

Диссертация отвечает требованиям ВАК РФ, а ее автор Федулов Евгений Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.08– «Технология и организация строительства».

Официальный оппонент доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортные и технологические системы»

Кузьмичев Виктор Алексеевич
ул. Шостаковича 1/9-183
р.т. 5526723, д.т. 6928911
E mail: kuzmichev_va@mail.ru



/В.А. Кузьмичев/