**Романовский, Виктор Николаевич. Вибрационная технология устройства подливки бетонной смеси под промышленное оборудование на заключительном этапе его монтажа : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.08 / Романовский Виктор Николаевич; [Место защиты: С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-т].- Санкт-Петербург, 2013.- 132 с.: ил. РГБ ОД, 61 14-5/1126**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ **«Санкт - Петербургский государственный а| строительный**

**университет»**

На правах рукописи

**04201456003**

**Романовский Виктор Николаевич**

**ВИБРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ПОДЛИВКИ  
БЕТОННОЙ СМЕСИ ПОД ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА  
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ ЕГО МОНТАЖА**

**Специальность 05.23.08** - Технология и организация строительства

Диссертация  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Верстов В.В.

Санкт - Петербург  
2013

**5**

12

22

**31**

**35**

**36**

**40**

**41**

**43**

**44**

**47**

**55**

**62**

**Введение**

**ГЛАВА 1. Анализ существующих способов производства бетонной подливки под оборудование**

Существующие типы стыковых соединений «оборудование - фундамент»

Требования к бетонным смесям, применяемым для устройства подливки под технологическое оборудование

Устройство бетонной подливки под крупногабаритное промышленное оборудование способом зачеканивания Технология устройства бетонной подливки под оборудование способом вибрационного воздействия

Сцепление бетона в месте стыка оборудования и фундамента Решения, направленные на повышение эффективности вибрационной технологии устройства монолитных подливок под оборудование

Рабочая гипотеза и задачи исследования Выводы по главе

**ГЛАВА 2. Разработка вибрационной технологии бетонной подливки под промышленное оборудование**

Организация и методика проведения эксперимента по устройству подливки под промышленное крупногабаритное оборудование Обоснование выбора устройства подливки под оборудование методом непрерывного, дополнительного вибрационного воздействия на бетонную смесь подливочного состава Физико-математическая модель процессов происходящих с материалом подливочного состава Выводы по главе

**ГЛАВА 3. Экспериментальное исследование способа подливки бетонной смеси под технологическое оборудование методом дополнительного вибрирования**

1. Основные виды приборов и материалов применяемых в процессе

63

проведения экспериментов

1. [Устройство экспериментального оборудования 66](#bookmark18)
2. [Методика проведения экспериментов 68](#bookmark19)
3. Анализ результатов экспериментальных данных способов устройства

подливки бетонной смеси под технологическое оборудование с 73

применением вибровоздействий

[Выводы по главе 81](#bookmark15)

**ГЛАВА 4. Основные положения вибрационной технологии устройства подливки под оборудование и сё технико­экономические показатели**

* 1. Особенности устройства вибрационной подливки под

промышленное оборудование 83

* 1. [Технико-экономическое обоснование применения новой технологии. 86](#bookmark24)
  2. Преимущества дополнительного вибрирования бетонной смеси при

устройстве подливки под оборудование 90

[Выводы по главе 91](#bookmark25)

[Общие выводы 92](#bookmark26)

[Список использованной литературы 94](#bookmark27)

Приложения 108

Приложение 1. Технологический регламент на устройство подливки 109

под оборудование способом дополнительного вибрационного

воздействия на материал подливки утвержденный на ООО «Производственное объединение «Киришинефтеоргсинтез»

Приложение 2. Акт №7 о внедрении результатов диссертационных исследований в строительной ООО «Премьер» 126

Приложение 3. Акт №3 о внедрении результатов диссертационных исследований в строительной компании ООО «Эдельвейс» 127

Приложение 4. Патент №2466251. «Способ подливки бетонной смеси 128 под технологическое оборудование на заключительном этапе его монтажа»

**ВВЕДЕНИЕ**

Актуальность исследования. Приоритетным направлением технического прогресса в промышленности является совершенствование технологических процессов, замена морально и физически устаревшего оборудования.

Одним из актуальных вопросов при монтаже оборудования является задача заполнения бетонной смесью технологической полости, образованной станиной оборудования и верхом фундамента. Решение этой задачи достигается при помощи различных технологических приемов - трамбования, штыкования, вибрирования. Два первых приема можно отнести к способу механического зачеканивания. Вибрационный способ укладки бетонной смеси подливки более прогрессивен и заключается в устройстве лотка - накопителя с установленным в нем вибратором, который оказывает круговые вибрационные воздействия на бетонную смесь подливочного состава, разжижая ее и, таким образом она под действием гидростатического давления затекает в технологический зазор. Недостатком перечисленных способов является низкая производительность, связанная с большой трудоемкостью выполняемых операций, а так же с ограничениями геометрических размеров заполняемых полостей под оборудованием.

Степень разработанности темы исследования. Исследования в области бесподкладочного монтажа оборудования и технологии вибрационной подливки под промышленное оборудование были выполнены и освещены в работах И.Р. Арабаджяна [3,4], В.Б. Голода [43,44], И.К. Киллиан [4]. В основе разработок указанных авторов лежали труды отечественных ученых - основоположников метода вибрационного воздействия на бетонную смесь при ее транспортировании и укладке. К числу этих специалистов относятся А.С. Арбеньев [5,6], А.А. Афанасьев [10, 11, 12], Ю.М. Баженов [22,23], Ф.Г. Брауде [29, 30, 31], В.В. Верстов [35, 36], С.Г. Головнёв [40], Н.Н. Данилов [56], А.Е. Дёсов [58], М.П., Зубанов [70], В.А. Кузьмичёв [81, 82], Г.Я. Куннос [84, 85],

Е.В. Лавринович [130], Е.П. Миклашевский [105], С.А. Осмаков [115], Л.П. Петрунькин [119], О.А. Савинов [129,130], И.Г. Совалов [142] и др.

**Цель и задачи исследования.**

*Цель исследования -* научное обоснование положений, направленных на совершенствование и апробирование технологических решений процессов укладки подливочной бетонной смеси под промышленное оборудование на заключительном этапе его монтажа на основе новой, предложенной в ходе исследований, технологии.

*Задачи исследования:*

1. Разработать новую механизированную технологию устройства бетонных подливок под промышленное оборудование на заключительном этапе его монтажа с подачей бетонной смеси в технологический зазор между оборудованием и поверхностью фундамента с использованием комбинированного вибрационного воздействия на бетонную смесь по всей площади заполняемого пространства, позволяющим уменьшить время заполнения полости, а также обеспечить эффективное уплотнение смеси с достижением требуемой прочности.
2. Определить закономерности влияния амплитуды и частоты колебаний дополнительного виброоргана, а также шага установки его продольных стержней в заполняемой полости на скорость продвижения бетонной смеси в зазоре, однородность и прочность получаемого бетона подливки по всему объёму подливочного пространства.
3. Рассмотреть математическую и физическую модели распространения бетонной смеси при её движении в зазоре между станиной оборудования и поверхностью фундамента при комбинированном вибрационном воздействии на неё.
4. Экспериментально подтвердить рациональность технологических параметров режимов укладки бетонных смесей при устройстве монтажных подливок под оборудование с использованием комбинированного вибрационного воздействия.

*Объектом исследования* является технология устройства подливки под оборудование при комбинированном вибрационном воздействии на бетонную смесь подливочного состава.

*Предмет исследования',* параметры технологических процессов устройства бетонной подливки под промышленное оборудование на заключительном этапе его монтажа с применением двухэтапного вибрирования бетонной смеси, первоначально в лотке - накопителе и затем, непосредственно в пространстве между станиной оборудования и фундаментом.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

1. Разработана новая комплексно — механизированная технология устройства бетонных подливок под промышленное оборудование на заключительном этапе его монтажа с подачей бетонной смеси в технологический зазор между оборудованием и поверхностью фундамента с использованием комбинированного вибрационного воздействия на бетонную смесь по всей площади заполняемого пространства, позволяющим уменьшить время заполнения полости, а также обеспечить эффективное уплотнение смеси с достижением требуемой прочности.
2. Определены закономерности влияния амплитуды и частоты колебаний дополнительного виброоргана, а также шага установки его продольных стержней в заполняемой полости на скорость продвижения бетонной смеси в зазоре, однородность и прочность получаемого бетона подливки по всему объёму подливочного пространства.
3. Рассмотрены математическая и физическая модели распространения бетонной смеси при её движении в зазоре между станиной оборудования и поверхностью фундамента при комбинированном вибрационном воздействии на неё.
4. Экспериментально подтверждены рациональные технологические параметры режимов укладки бетонных смесей при устройстве монтажных подливок под оборудование с использованием комбинированного вибрационного воздействия, обеспечивающего гарантированное заполнение

бетонной смесью всего объема подливочного пространства и позволяющие снизить трудоемкость работ на 52%, увеличить производительность работ на 48% при достижении требуемых показателей по прочности бетона подливки.

**Методологической основой** диссертационного исследования послужили разработки российских ученых в области вибрационной укладки и уплотнения бетонных смесей при наложении вибрационных воздействий от разных источников генерирующих колебания, теория реологической модели бетонных смесей.

**Область исследования** соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК 05.23.08 — Технология и организация строительства, а именно: содержанию специальности, а также следующим основным направлениям: п.1 «Прогнозирование и оптимизация параметров

технологических процессов и систем организации строительства и его производственной базы, повышение организационно-технологической надежности строительства»; п.2 «Разработка конкурентоспособных новых и совершенствование существующих технологий и методов производства строительно-монтажных работ на основе применения высокопроизводительных средств механизации и автоматизации»; п.4 «Теоретические и экспериментальные исследования эффективности технологических процессов; выявление общих закономерностей путем моделирования и оптимизации организационно-технологических решений»; п.12 «Разработка принципов и прогрессивных методов организации труда на базе комплексной механизации технологических процессов и создания условий эффективного и безопасного труда».

**Практическая значимость и реализация результатов исследований.**

Разработан технологический регламент на устройство монтажной подливки под крупногабаритное промышленное оборудование на заключительном этапе его монтажа с применением комбинированного вибрационного воздействия на бетонную смесь подливки.

Усовершенствована технология укладки бетонной смеси под промышленное оборудование, имеющее сложные, развитые в плане геометрические параметры в сроки до наступления схватывания смеси.

Достигнуто упрощение формы контроля за качественным и полным заполнением смесью подливочного состава всего технологического зазора между станиной оборудования и фундаментом.

Экспериментально установлено, что прочность бетонного камня, полученного способом комбинированного вибрирования, по сравнению со способом вибрирования только в лотке - накопителе, увеличилась в 1,5 раза.

Значительно на 52% при применении новой технологии снижается трудоёмкость процесса укладки бетонной смеси подливки.

Доказано, что выполнение работ по устройству подливки способом комбинированного вибрирования по сравнению со способом устройства при вибрировании только в лотке - накопителя приводит к сокращению времени укладки (в 1,6 раза) смеси подливочного состава.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований доложены на 66- й, 63-й, 67-й научных конференциях профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета (СПбГАСУ, 2009-2010 г.), II международном конгрессе студентов и молодых учёных (аспирантов, докторантов) в 2013 г. Основные результаты диссертационного исследования были апробированы в строительных компаниях ООО «Премьер», ООО «Эдельвейс», что подтверждено актами внедрения разработанной технологии. Разработан и утверждён «Технологический регламент по организации, выполнению и приемке монолитной подливки под крупногабаритное промышленное оборудование для объектов УСНО», ООО «ПО

«Киришинефтеоргсинтез», на основе разработанной технологии с

обоснованием технико — экономических показателей нового строительного процесса.

**Публикации.** По теме диссертации соискателем (авторы В.В. Верстов, Д.Д. Тишкин) получен патент на изобретение №2466251 приоритет от 10 ноября

2012 г. «Способ подливки бетонной смеси под технологическое оборудование на заключительном этапе его монтажа». Материалы диссертации опубликованы в 7 печатных работах, в том числе 2 работы в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, утверждённых ВАК РФ.

**Структура и объём работы.**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав с выводами по каждой из них, общих выводов. Диссертация содержит 132 страницы машинописного текста, 12 таблиц, 36 рисунков, 31 формулу, 4 приложения и список использованной литературы из 167 наименований отечественных и зарубежных авторов.

*Во введении* отражена проблема и обоснована актуальность проводимых исследований, сформулированы цель и задачи в результате сравнительного анализа известных способов устройства монтажных подливок, научная и практическая значимости выполненного исследования.

*В первой главе* проведён сравнительный анализ различных типов стыковых соединений оборудование - фундамент на основании действующих нормативных документов. Освещён ресурс технологических возможностей и оснастки, используемой при монтаже крупногабаритного промышленного оборудования. Показаны узловые технологические особенности, которые повторяются независимо от разделения промышленного оборудования по способу крепления к фундаменту, а так же проблемы, возникающие при монтаже крупногабаритного промышленного оборудования, сформулирована рабочая гипотеза и задачи исследования.

*Во второй главе* в результате сравнительного анализа известных способов устройства монтажных подливок разработан новый способ устройства подливки под оборудование методом непрерывного комбинированного вибрационного воздействия на бетонную смесь подливочного состава, а также приведено описание технологии и особенности применяемого оборудования.

*В третьей главе* приведены основные положения предложенной вибрационной технологии устройства подливки под оборудование и определены её основные технико - экономические показатели.

*В четвёртой главе* разработаны основные положения технологического регламента на устройство подливки под крупногабаритное промышленное оборудование на заключительном этапе его монтажа способом дополнительного вибрирования бетонной смеси, приведены данные апробации и внедрения новой технологии в условиях строительной площадки.

**ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

1. Предложено и апробировано механическое устройство, позволяющее генерировать дополнительное вибрирование бетонной смеси в узком технологическом зазоре, имеющее оптимальные расстояние установки стержней малого диаметра.
2. Подтверждено опытным путём, что под действием непрерывного, дополнительного вибрационного воздействия на бетонную смесь подливочного состава, бетонная смесь заполняет технологический зазор с минимальным наличием пор, пустот, раковин и как следствие, значительно возрастает прочность бетона подливки.
3. Экспериментально подтверждено, что оптимальным видом стержней, применяемым для дополнительного вибрационного воздействия на бетонную смесь подливки, является арматура периодического профиля, применение которой позволяет увеличить зону воздействия вибраций каждого стержня на бетонную смесь подливочного состава за счёт внешних рёбер арматуры.
4. Рассмотрены математическая и физическая модели описания процессов, протекающих в объёме бетонной смеси подливки, с применением дополнительного внешнего вибрационного воздействия на бетонную смесь в горизонтальной плоскости.
5. Исследованы технологические параметры вибрационного комбинированного воздействия на бетонную смесь, которые позволили разработать технологический регламент на устройство подливки.
6. Достигнуто сокращение времени производства работ по устройству подливки под технологическое промышленное оборудование в 1,6 раза по сравнению с традиционными способами выполнения монтажной подливки.

Утвержденный технологический регламент позволяет сократить время производства работ в 1,5 раза.

1. Расчётами показано, что работы по устройству подливки под крупногабаритное промышленное оборудование, выполненные согласно

предложенной и исследованной технологии с применением дополнительной

92

вибрации на смесь подливочного состава экономически выгоднее на 52% (в стоимостном выражении), по сравнению с традиционным способом подливки. Это достигнуто за счёт увеличения производительности труда на 48% (в расчёте на единицу продукции, в данной работе это 1 м3 уложенной бетонной подливки).