

УДК 624. 012. 45

О СОПРОТИВЛЕНИИ СРЕЗА ПО КОНТАКТУ МЕЖДУ БЕТОНАМИ, УКЛАДЫВАЕМЫМИ В РАЗНОЕ ВРЕМЯ

Е.Г. Кремнева

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: e.kremneva@psu.by

Показаны факторы, влияющие на эффективность работы составной конструкции. Приведены мероприятия, обеспечивающие надежное сцепление слоев составной конструкции. Сделаны выводы о влиянии подготовки поверхности контакта, способов уплотнения бетонов на моноличивания, прослоек, модифицированных бетонов на сопротивление срезу контактного шва.

Ключевые слова: *контактный шов, составная конструкция, сопротивление срезу, подготовка поверхности, прослойки, модифицированные бетоны.*

ABOUT THE SHEAR RESISTANCE BETWEEN CONCRETES, STACKED AT DIFFERENT TIMES

A. Kremneva

Polotsk State University, Republic of Belarus

e-mail: e.kremneva@psu.by

The factors influencing the efficiency of the composite structure are shown. Measures are given to ensure reliable adhesion of the layers of a composite structure. Conclusions are made about the influence of the preparation of the contact surface, the methods of compacting concretes by monolithing, interlayers, modified concretes on the shear resistance of the contact seam.

Keywords: *contact seam, composite structure, shear resistance, surface preparation, interlayers, modified concrete.*

Составные бетонные конструкции находят все большее применение и в новом строительстве, и при реконструкции зданий и сооружений. В настоящее время область применения таких конструкций заметно расширяется. В условиях конкуренции на строительном рынке все технологии для производства конструкций развиваются в направлении удешевления конечного результата. Стало актуальным малоэтажное строительство 3D-принтерах, когда за кратчайшие сроки возводится здание, в котором конструкции состоят из множества слоев. Таким образом, в составной конструкции может быть большое количество швов, а слои могут иметь разные свойства. Контактные швы имеют место во всех конструкциях зданий и сооружений, варианты их использования показаны в таблице 1.

В связи с этим, весьма актуальным является придание слоям необходимых свойств, а контактными швам – прочности соединения, тем самым обеспечив универсальность всей конструкции и надежность здания в целом. Состояние поверхности конструкции до нанесения слоев, качество ее подготовки для последующего слоя, способ нанесения, составы смесей, наличие пропиток и прослоек и многое другое, оказывают существенное влияние на совместную работу составной конструкции [1-6].

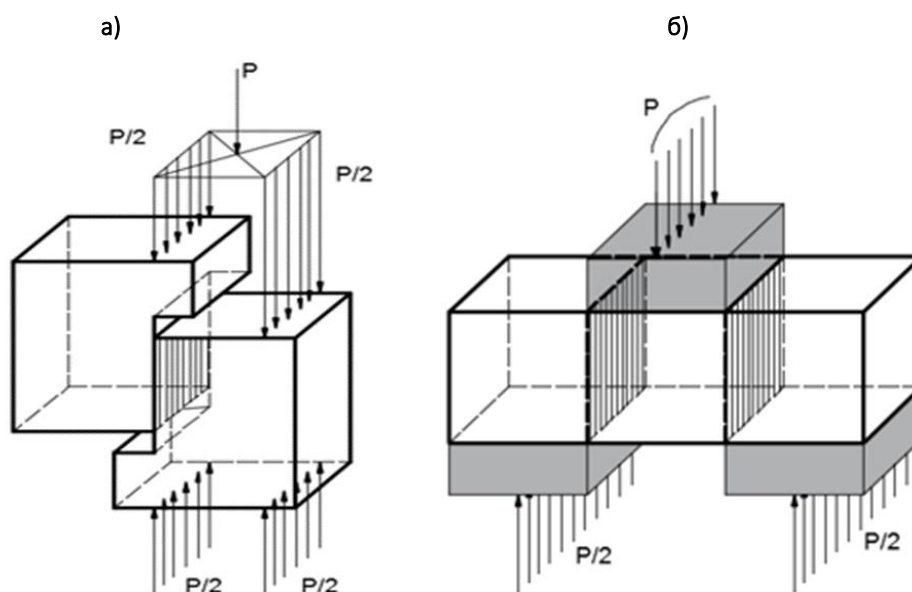
Таблица 1. – Контактные швы в бетонных и железобетонных конструкциях

Монолитные конструкции	Сборно-монолитные конструкции	Сборные конструкции	Усиливаемые конструкции
- швы после перерывов в бетонировании; - швы с несъемной опалубкой	- швы между сборными частями конструкции - швы при намоноличивании на сборные части; - швы в бетонируемых конструкциях намоноличивания	-швы между модулями (сборными элементами)	- швы между сборной частью и бетоном намоноличивания -швы после перерывов в бетоне намоноличивания

Исследования надежного соединения составных конструкций ведутся уже на протяжении более 80 лет многими учеными, научно-исследовательскими, проектными и учебными учреждениями разных стран. Обширные теоретические и экспериментальные исследования проводятся НИИЖБ (Москва), БНТУ, УО «БрГТУ» и другими. Это подтверждает, что поиск оптимальных вариантов надежного соединения остается открытым.

На базе Полоцкого государственного университета более 10 лет проводятся исследования влияния подготовки поверхности, способов бетонирования, составов бетонов, в том числе модифицированных, прослоек и пропиток на прочность контактного шва. Исследования проводятся на разных поверхностях контакта, в том числе и с модифицированными бетонами, и с бетонами разных возрастов, которые укладываются в разное время, [3-6].

Испытания проводятся на двух- и трехслойных составных элементах по схемам А.А.Гвоздева и Е.Мерша, с некоторыми модификациями, в зависимости от задач исследований, [1,3-6], рисунок 1.



а) – А.А. Гвоздева; б) – Е. Мерша

Рисунок 1. – Схемы опытных образцов составной конструкции при определении сопротивления среза по контакту между бетонами, укладываемыми в разное время

Технология изготовления составных конструкций, в общем случае заключалась в следующем: к сборному бетону на подготовленную поверхность контакта намоноличивался новый бетон. Зона контакта перед намоноличиванием увлажнялась. Причем разница в возрасте частей составной конструкции доходила до полутора лет, в зависимости от вида исследования.

Новый бетон укладывали на влажную поверхность контакта двумя способами: послойным штыкованием и вибрированием. Это связано с тем, что зачастую при производстве работ невозможно использовать вибраторы из-за стесненных условий и категории состояния конструкции, к примеру, при реконструкции. Обобщенные данные по двум сериям образцов с разными поверхностями контакта и уплотнения бетона на монолитивания (серии В1-3 и О1-4) показаны в таблице 2, а экспериментальное сопротивление срезу на рисунке 2.

Таблица 2. – Данные о подготовки поверхности и уплотнении бетона на монолитивания для серий В и О

Образец	Способ уплотнения бетонной смеси на монолитивания	Вид поверхности контакта	Вид поверхности контакта по СП 5.03.01-2020 [7]
В1	вибрирование	очистка поверхности до заполнителя глубиной до 5 мм	шероховатая
В2		очистка поверхности до заполнителя глубиной до 3 мм, устройство насечек глубиной до 3 мм с шагом не менее 40 мм	гладкая
В3		очистка поверхности до заполнителя глубиной до 5 мм, устройство насечек глубиной до 5 мм с шагом не менее 40 мм	шероховатая
О-1	штыкование	очистка поверхности до заполнителя глубиной до 5 мм	шероховатая
О-2			
О-3			
О-4			

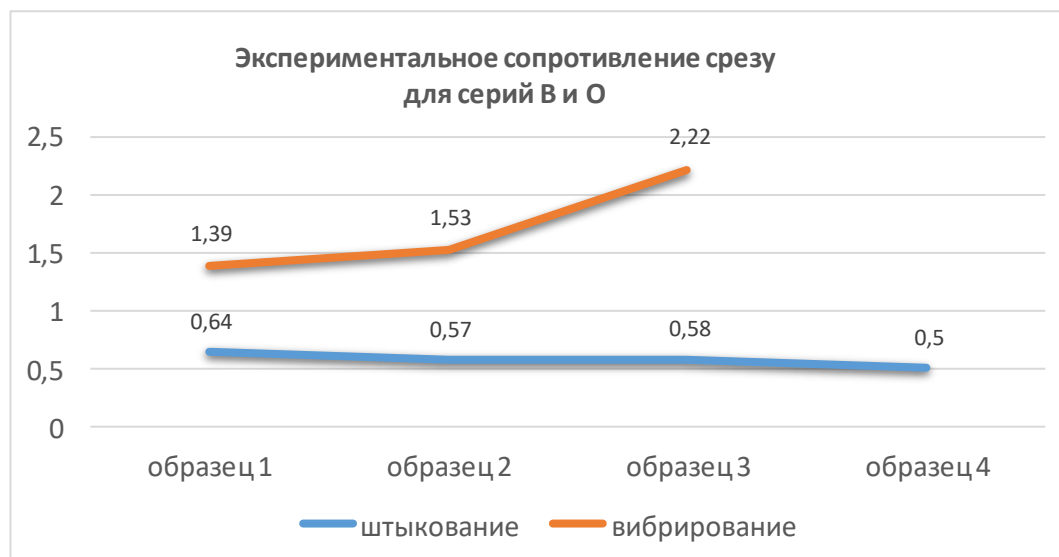


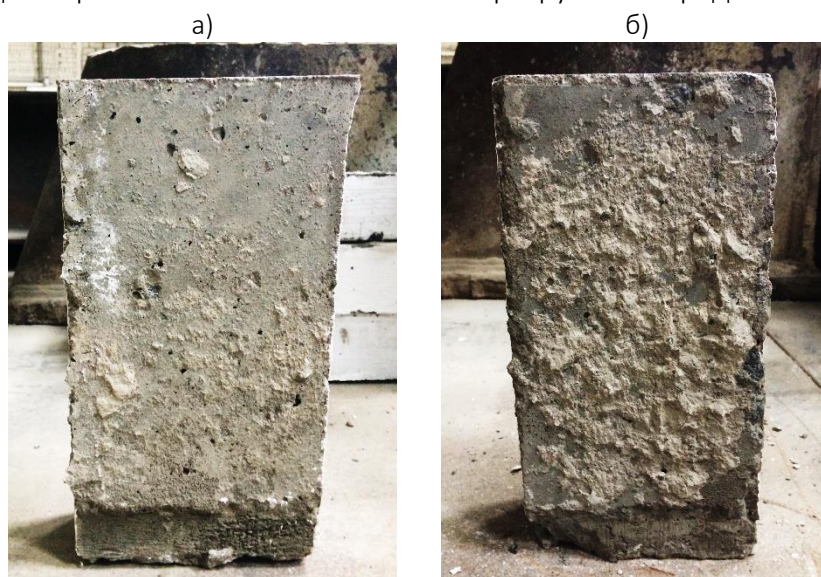
Рисунок 2. – Экспериментальное сопротивление срезу

Из рисунка 2 видно, что подготовка поверхности и способ уплотнения бетонной смеси могут значительно повлиять на прочность контактного шва. Что же касается вида подготовки поверхности, несмотря на практически одинаковую классификацию, согласно [7], он существенно отличался. Наиболее эффективной при испытании на срез оказалась очищенная до заполнителя глубиной до 5 мм поверхность с устройством насечек глубиной до 5 мм с шагом не менее 40 мм.

Сравнивая результаты, можно отметить, что образцы, в которых бетонная смесь намоноличивания уплотнялась вибрированием, показали сопротивления сдвигу контактного шва значительно выше – почти на 50%, чем образцы, уплотненные штыкованием. Это объясняется тем, что после вибрирования частицы бетона намоноличивания стремятся занять по отношению друг к другу наиболее устойчивое положение. Такой процесс приводит к более плотному их расположению в форме и плотному контакту между бетонами составной конструкции, а, следовательно, к большей прочности контактного шва.

Что касается составных конструкций, отдельные слои которых были модифицированы добавками СПС, Суперпласт РТ, Стахемент F, Стахемент-2000М, Стахемент-2010, то анализ проведенных экспериментально-теоретических исследований показывает, что введение определенного количества модификаторов, благоприятно сказывается на прочности контактного шва по сравнению с бездобавочными составами, [3-6]. Так, у образцов с добавлением гиперпластификатора СТАХЕМЕНТ-2000М поверхность сборного бетона после разрушения имела приставшие частицы бетона намоноличивания, у бездобавочных – поверхность, по которой происходило разрушение, была относительно чистой и гладкой. Таким образом, введение гиперпластификатора способствовало созданию более мелкопористой и однородной структуры бетона в зоне шва и привело к повышению прочности.

Общий вид поверхностей нового бетона после разрушения представлены на рисунке 3.



а) – образец без использования добавки,
 б) – образец с использованием гиперпластификатора (0,7%) СТАХЕМЕНТ-2000М.

Рисунок 3. – Общий вид поверхностей нового бетона после разрушения

Такой же эффект был замечен в прослойках на основе цементных систем. В этом случае испытания проводились на следующих группах образцов:

Г-0: намоноличивание нового бетона производилось без использования прослоек, непосредственно на предварительно подготовленную поверхность сборного бетона;

Г-1: перед укладкой нового бетона намоноличивания на предварительно подготовленную поверхность сборного бетона укладывалась цементно-песчаная прослойка слоем толщиной 1 см.

Г-2: перед укладкой нового бетона намоноличивания на предварительно подготовленную поверхность сборного бетона укладывалась цементно-песчаная прослойка слоем толщиной 1 см. с добавлением гиперпластификатора Стахемент-2010 в количестве 0,8% от массы цемента.

Анализ поверхностей разрушения показал, что поверхность бетона намоноличивания в образцах серии Г-0 имела приставшие частицы сборного бетона. В образцах серий Г-1 и Г-2 разрушение произошло по контактному шву между старым бетоном и прослойкой. В серии Г-1 количество приставших частиц на поверхности прослойки было меньше чем в группе Г-2, а в серии образцов Г-0 их количество было наименьшим. Результаты испытаний показаны на рисунке 4.

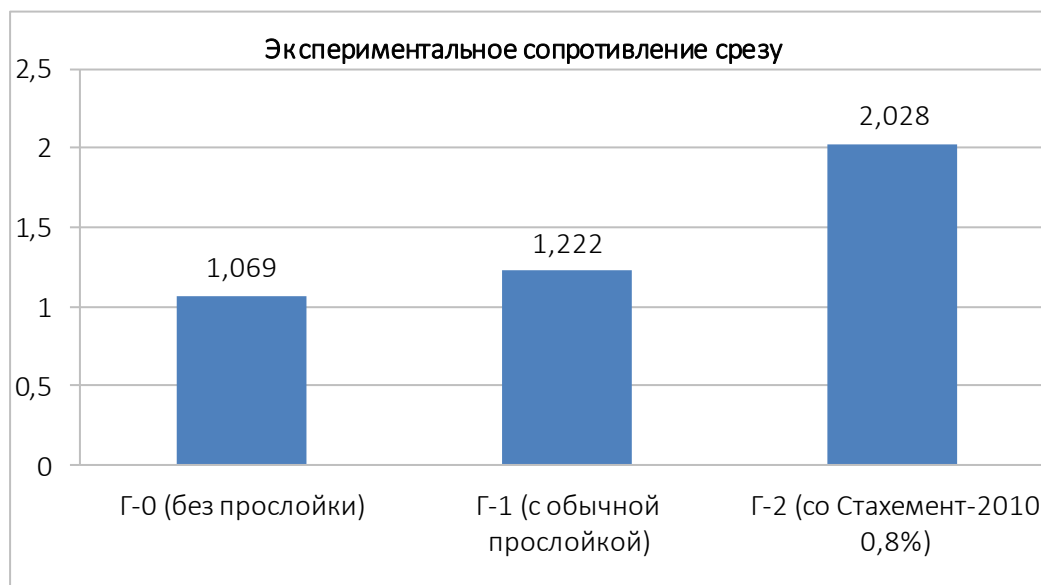


Рисунок 4. – Сопротивление сдвигу контактного шва с различными составами прослойки

Как видно из гистограммы на рисунке 4, сопротивление срезу контактного шва образцов группы Г-1 по сравнению с образцами серии Г-0 (без прослойки) увеличилась более чем на 10%. Сопротивление контактного шва образцов серии Г-2, по сравнению с образцами серии Г-0 (без прослойки), увеличилась более чем на 80% и на 65% по сравнению с образцами серии Г-1 (обычной цементно-песчаной прослойкой). На основании проведенных исследований можно заключить, что применение цементно-песчаной прослойки с использованием Стахемент-2010 (0,8%) может значительно улучшить сцепление бетонных элементов составной конструкции.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы

1. Подготовка поверхности сборного бетона до заполнителя глубиной до 5 мм с устройством насечек глубиной до 5 мм и шагом не менее 40 мм увеличивает прочность контактного шва по сравнению с очисткой поверхности до заполнителя глубиной до 5 мм практически более чем в 1,5 раза.

2. Образцы с послойным уплотнением бетонной смеси намоноличивания вибрированием дают результаты сопротивления срезу составных конструкций почти на 50% выше, чем образцы с послойным уплотнением бетонной смеси штыкованием.

3. Применение бетонов, модифицированных добавками СПС, Суперпласт РТ, Стахемент F, Стахемент-2000М и Стахемент-2010, повышает прочность сцепления в контактном шве при использовании определенных дозировок модифицирующей добавки. Для Стахемент-2000М, такая оптимальная дозировка может составлять 0,7% от массы цемента.

4. Применение прослоек из цементных систем увеличивает прочность контактного шва по сравнению с образцами без прослойки. Образцы с прослойкой, модифицированной Стахемент-2010 (0,8%), увеличивают прочность контактного шва более чем на 80% по сравнению

с образцами без прослойки и на 65%, по сравнению с образцами с обычной прослойкой из цементных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздев, А.А. Изучение сцепления нового бетона со старым в стыках сборных железобетонных конструкций и рабочих швах / А.А. Гвоздев, А.П. Васильев, С.А. Дмитриев. – М.: ОНТИ ЦНИЛС, 1936. – 36 с.
2. Pedro M. D. Santos. Factors affecting bond between new and old concrete / Pedro M. D. Santos, Eduardo N. B. S. Júlio. // ACI Materials Journal. – 2011. – 108 (4) – 449
3. Кремнева, Е. Г. Контактные швы в железобетонных составных конструкциях / Е. Г. Кремнева, Е. В. Хаменок // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Прикладные науки. – 2011. – N 8 – С. 48–52.
4. Кремнева, Е. Г. Сопротивление сдвигу контактного шва составных бетонных конструкций с использованием композиций на основе цементных систем /Е. Г. Кремнева// II Международная научная конференция: Архитектурно-строительный комплекс – Новополоцк : Полоцкий гос. университет, 28-29 ноября 2019. – С. 125–129.
5. Кремнева, Е. Г. Об использовании модифицированных бетонов при усилении железобетонных конструкций / Е.Г. Кремнева, О.П. Чикалина // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В, Прикладные науки. – 2004. – N 6. – С. 42–46.
6. Кремнева, Е. Г. Влияние модификаторов на прочность контактного шва составных бетонных и железобетонных конструкций / Е. Г. Кремнева // II Международная научная конференция: Архитектурно-строительный комплекс – Новополоцк: Полоцкий гос. университет, 28-29 ноября 2019. – С. 130–136.
7. СП 5.03.01-2020. Бетонные и железобетонные конструкции. Строительные правила. - Мн.: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2020. – С. 73.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2021

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Одобрено и рекомендовано в качестве электронного издания
Советом инженерно-строительного факультета (протокол № 8 от 27.10.2021 г.)

Редакционная коллегия:

Д. Н. Лазовский (председатель), А. А. Бакатович, Е. Д. Лазовский,
Л. М. Парфенова, Ю. В. Вишнякова, Р. М. Платонова, Е. Г. Кремнева, А. М. Хаткевич

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ

[Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. III междунар. науч. конф., Новополоцк, 29–30 апр. 2021 г. / Полоц. гос. ун-т ; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-779-2.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018 г.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379

ISBN 978-985-531-779-2

©Полоцкий государственный университет, 2021

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Технический редактор *И. Н. Чапкевич*.

Компьютерная верстка *А. А. Прадидовой, С. Е. Рясовой*.

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой*.

Подписано к использованию 16.11.2021.

Объем издания: 13 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 736.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>