

УДК 624.012.45

**КОНТАКТНЫЕ ШВЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СОСТАВНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ**

*канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЕВА, Е.В. ХАМЕНОК  
(Полоцкий государственный университет)*

*Рассматривается вопрос о контактных швах в железобетонных составных конструкциях. Показывается, что одним из важных факторов эффективности работы железобетонной составной конструкции является подготовка контактного шва, что возможно при условии совместного решения материаловедческих, конструкторских и технологических задач. Приводится условная классификация контактных швов железобетонных составных конструкций. Рассматриваются конструктивные и технологические мероприятия, а также материаловедческие аспекты, обеспечивающие надежное сцепление слоев составной конструкции. Сделаны выводы о влиянии подготовки поверхности контакта, способов уплотнения бетона намоноличивания, классов бетонов слоев на прочность контактного шва, что является весьма актуальным в производственных условиях на рабочей площадке, в целях экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов.*

**Введение.** Составные железобетонные конструкции находят все большее применение в строительстве и реконструкции зданий и сооружений. Их преимущество связано с возможностью соединения в одной конструкции нескольких слоев с разными свойствами, используя положительные свойства каждого из них в отдельности и обеспечивая таким образом универсальность всей конструкции. Известны различные способы обеспечения соединений слоев в составную железобетонную конструкцию. При оценке прочности и надежности таких конструкций в целом одним из важных факторов является обеспечение надежной совместной работы всех слоев конструкции вплоть до разрушения. При этом надежное соединение слоев может быть обеспечено только при комплексном подходе к изготовлению, монтажу и эксплуатации конструкции, основанном на совместном решении материаловедческих, конструкторских и технологических задач. Состояние поверхности слоев, качество их подготовки и способ соединения оказывают существенное влияние на совместную работу составной конструкции [1; 2].

В практике железобетона вопрос о контактных швах и совместной работе составной конструкции возникает не только в сборно-монолитном и монолитном строительстве (например, при перерывах в бетонировании, в том числе и длительных), но и при реконструкции и техническом перевооружении зданий и сооружений, когда производится усиление железобетонных конструкций намоноличиванием. Все виды этих конструкций объединяет одно – необходимость обеспечения совместной работы слоев железобетонной составной конструкции, которые изначально могут отличаться по своим свойствам.

В общем случае контактные швы железобетонных составных конструкций в строительстве можно условно классифицировать следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Классификация контактных швов

Вид строительства	Контактные швы		
	Сборно-монолитное строительство	Швы между сборными элементами	Швы при намоноличивании на сборные части конструкции
Монолитное строительство	Швы в бетонируемых монолитных конструкциях	Швы с несъемной опалубкой	Швы после длительного перерыва в строительстве
Реконструкция и техническое перевооружение	Швы при усилении намоноличиванием железобетонных конструкций		Швы в бетоне намоноличивания

В сборно-монолитном строительстве используются различные конструктивные решения. В частности, для наиболее массовых элементов междуэтажных перекрытий применяют от разнообразных сборных железобетонных настилов с выпускными ребрами из армодеталей и монолитного бетона, из средне-объемных балок-настилов Т-образного сечения, из спаренных балок и железобетонных вкладышей или пустотных бетонных вкладышей до различных модификаций перекрытия типа «ДАХ».

Положительные стороны сборно-монолитной конструкции: возможность выполнения большого количества архитектурных и конструктивных решений; использование сборных конструкций в качестве несъемной опалубки; возможность применения малой механизации.

В сборно-монолитном строительстве все большее распространение ввиду своей эффективности получает несъемная опалубка [3]. Применение элементов в виде несъемной опалубки связано с одновременным выполнением нескольких функций: декоративная роль (опалубка-облицовка); повышение долговечности конструкций (защищает конструкции от агрессивных вод, переменного замораживания-оттаивания

или служит гидроизоляцией для сооружения); повышение прочности; уменьшение трудозатрат; сокращение сроков строительства; повышение технологической дисциплины производства. Для того чтобы данная конструкция работала как единая, необходимо особое внимание уделять стыкам и соединениям элементов, обеспечивая тем самым прочность контактного шва.

В монолитном строительстве также может возникать вопрос о контактном шве. При возведении железобетонных конструкций стремятся, где это возможно, бетонную смесь укладывать непрерывно. В отдельных случаях это является неперенным технологическим условием. Однако в большинстве случаев при возведении железобетонных конструкций по организационным и технологическим причинам перерывы в бетонировании неизбежны и, следовательно, неизбежно устройство швов. Причем перерывы в строительстве могут быть от технологических (краткосрочных) до длительных (при долгострое). Именно тогда возникает вопрос о соединении конструкций друг с другом и необходимости обеспечения прочности контактного шва.

Реконструкция наряду с новым строительством имеет первостепенное значение, так как ее объемы в настоящее время практически сравнялись с новым строительством. К реконструкции прибегают при изменении условий эксплуатации и функционального назначения зданий и сооружений вследствие внедрения новых технологий, а также в связи с необходимостью восстановления физически и морально изношенных элементов. И здесь также необходимо обеспечить совместную работу усиленной конструкции и обеспечить надежность сцепления в зоне контактного шва. Надежное сцепление слоев составной конструкции можно обеспечить с помощью конструктивных и технологических мероприятий, а также с применением новых материалов.

Конструктивные мероприятия заключаются в увеличении фактической площади контактного шва, что достигается устройством отверстий и пазов, шпонок в конструкции, которые могут быть различной формы, а также с помощью анкерующих выступов и змеек из стали. Вид поверхности контакта может быть получен естественным или искусственным путем [4]. Чаще всего обеспечение прочности контактного шва осуществляется за счет увеличения фактической площади контакта искусственным путем. Это достигается созданием дополнительной шероховатости, волнистости, насечек. На практике чаще всего для увеличения площади контактной поверхности применяется механическая очистка, состоящая в удалении карбонатной пленки, создании равномерной шероховатой поверхности, выступов-впадин не менее 3 мм, расположенных на расстоянии друг от друга не менее чем 40 мм [4]. Прочность контактного шва может обеспечиваться устройством шпонок различной формы. Из всех разновидностей наиболее эффективными являются треугольные шпонки с углом наклона боковых граней 45° [5]. В производственных условиях на рабочей площадке не всегда технологически возможно устроить пазы, шпонки в железобетонных конструкциях, а также весьма трудоемко устройство стальных штырей.

Технологические мероприятия и материаловедческие аспекты, обеспечивающие сцепление слоев, в основном зависят от вида цемента, подвижности и формуемости бетонной смеси, использования клеящих составов, прослоек между слоями или добавок в бетон намоноличивания. В то же время важными факторами являются: влажность бетона сборной части, бетона усиления или части монолитной конструкции, способ уплотнения бетонной смеси намоноличивания, состояния конструкции до производства работ (возраст, дефекты и повреждения конструкции; способ подготовки поверхности контакта и др.).

Качественная подготовка поверхности контактного шва является наиболее простым и доступным способом обеспечения надежного сцепления слоев. Существует несколько технологий подготовки поверхности контактного шва, которые условно можно разделить на четыре группы: водная и водовоздушная обработка, химическая, огневая и механическая очистка [6].

В настоящее время исследования надежного соединения составных конструкций получили свое развитие в трудах многих ученых научно-исследовательских, проектных и учебных институтов Республики Беларусь и СНГ. Такие исследования ведутся уже на протяжении более 70 лет. Однако вопрос надежного соединения остается открытым. Обширные теоретические и экспериментальные исследования ведутся НИИЖБ (Москва), БНТУ, УО «БрГТУ» и многие другие. Исследования о влиянии класса бетона намоноличивания на прочность контактного шва имеют достаточно противоречивые результаты. Сведений о классе сборного бетона, при котором возможно устройство составных конструкций, в научно-технической литературе встречается мало.

В Полоцком государственном университете проводятся исследования совместной работы составных конструкций. Одна из задач исследований – изучение влияния класса бетона и особенностей подготовки поверхности на прочность контактного шва.

**Методика и результаты исследований.** Для решения поставленных задач были выполнены экспериментальные исследования. Испытания проводились на Г-образных составных элементах [2; 7]. Образцы состояли из двух частей: кубов с ребром 15 см, к которым намоноличивались Г-образные участки. Первая серия образцов включала 6 составных конструкций, отличавшихся подготовкой поверхности контакта и классом сборного бетона. В качестве бетона намоноличивания применялся бетон ПРУП «Новополоцкжелезобетон». Технология изготовления составных Г-образных конструкций заключалась в следующем: к сборному бетону на подготовленную поверхность контакта намоноличивали новый бетон. Опалубку устанавливали так, чтобы при бетонировании контактная поверхность находилась в горизон-

тальном положении. Зона контакта перед намоноличиванием увлажнялась. 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). Все обобщенные данные по составным конструкциям приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Обобщенные характеристики Г-образных составных элементов 1-й серии

Образец	Способ уплотнения бетонной смеси намоноличивания	Вид поверхности контакта	Вид поверхности контакта по [4]
В1	Виброуплотнение	Очистка поверхности до заполнителя глубиной до 5 мм	Промежуточная между гладкой и особо гладкой
В2	Виброуплотнение	Очистка поверхности до заполнителя глубиной до 3 мм, устройство насечек глубиной до 3 мм с шагом не менее 40 мм	Гладкая
В3	Виброуплотнение	Очистка поверхности до заполнителя глубиной до 5 мм, устройство насечек глубиной до 5 мм с шагом не менее 40 мм	Шероховатая
Ш1	Штыкование	Очистка поверхности до заполнителя глубиной до 2 мм	Особо гладкая
Ш2	Штыкование	Очистка поверхности до заполнителя глубиной до 3 мм	Особо гладкая
Ш3	Штыкование	Очистка поверхности до заполнителя глубиной до 5 мм	Промежуточная между гладкой и особо гладкой

Испытания проводились в соответствии с нормативными документами после набора прочности бетона намоноличивания в естественных условиях (рис. 1).

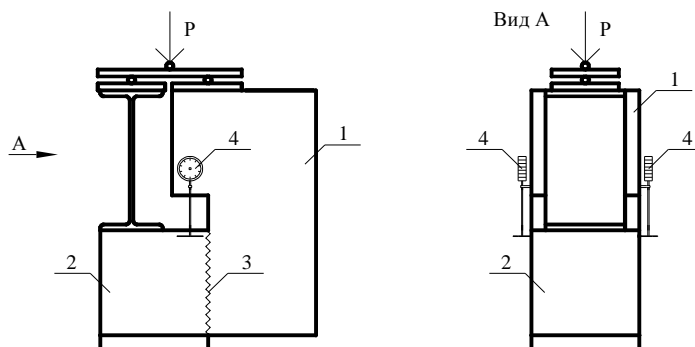


Рис. 1. Общий вид испытаний и схема размещения измерительных приборов:  
1, 2 – элементы составной конструкции; 3 – контактный шов; 4 – индикаторный тензометр

Конструкции испытывались на сдвиг на гидравлическом прессе П-125 по общепринятому ступенчатому кратковременному режиму нагружения в соответствии с ГОСТ 10180-90 [8]. На каждом уровне нагрузки проводились измерения взаимного смещения составных элементов конструкции индикаторными тензометрами. При проведении исследований определялась прочность контактного шва и изучался характер разрушения опытных образцов.

Разрушение всех составных Г-образных конструкций происходило по контакту сборного бетона и бетона намоноличивания, носило резкий и внезапный характер. На поверхности контактов можно наблюдать приставшие частицы сборного бетона и бетона намоноличивания, разлом крупного заполнителя практически не наблюдался. Общий вид опытных образцов после разрушения показан на рисунке 2.

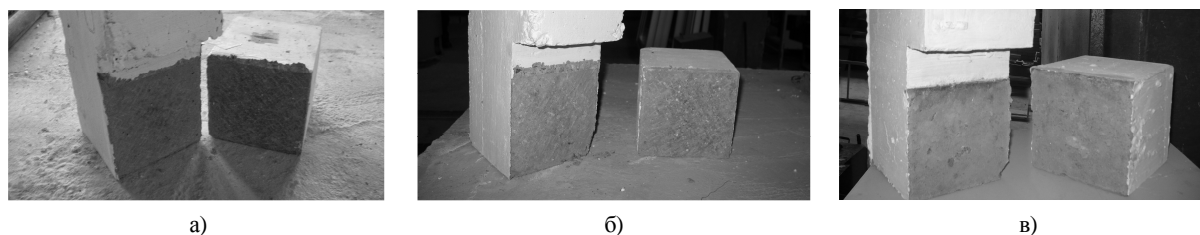


Рис. 2. Общий вид разрушения опытных образцов:  
а – образец В2; б – образец В3; в – образец Ш3

На основании полученных данных построены зависимости сопротивления сдвигу составной конструкции от вида подготовки поверхности контактного шва (рис. 3). На гистограммах В1, В2, В3 образцы, в которых бетон намоноличивания уплотнялся вибрированием, а Ш1, Ш2, Ш3 – образцы, в которых бетон намоноличивания уплотнялся послойным штыкованием.

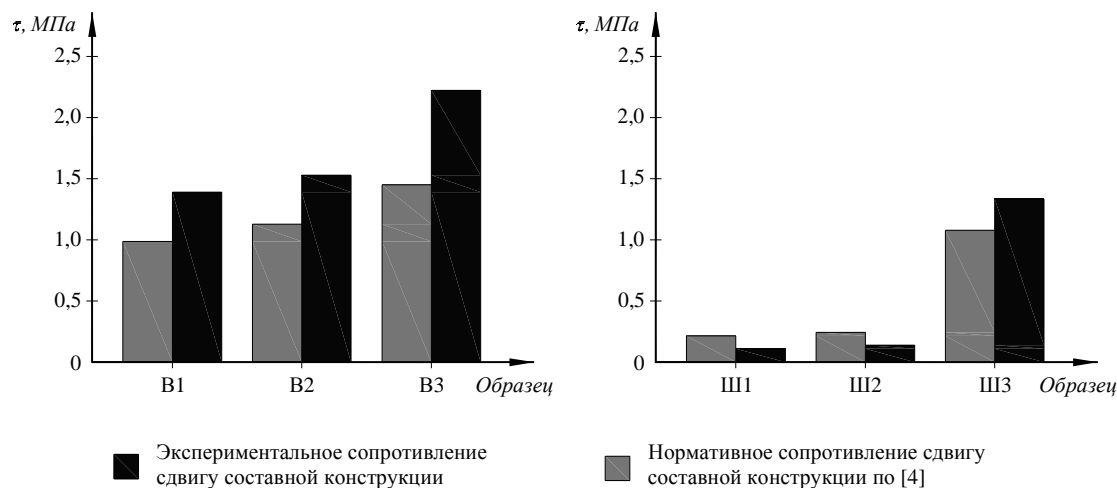


Рис. 3. Зависимости сопротивления сдвигу составной конструкции от вида подготовки поверхности контактного шва

Из гистограмм видно, что подготовка поверхности и способ уплотнения бетонной смеси существенно влияют на прочность контактного шва. 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 гистограммы, можно отметить, что образцы, в которых бетонная смесь намоноличивания уплотнялась вибрированием, дают результаты сопротивления сдвигу контактного шва значительно выше, 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 наиболее плотному их расположению в форме и более плотному контакту между бетонами составной конструкции, а следовательно, к большей прочности контактного шва.

Для получения детальных сведений о влиянии класса бетона сборных элементов на прочность контактного шва была изготовлена вторая серия образцов с одинаковой подготовкой поверхности и одинаковым способом уплотнения бетонной смеси. Испытания проводились на таких же Г-образных составных элементах, как и в первой серии [2; 7]. Образцы состояли из двух частей: кубов с ребром 15 см, к которым намоноличивались Г-образные участки. Технология изготовления составных Г-образных конструкций была такая же, как и в первой серии. Бетон укладывали на влажную поверхность контакта послойным штыкованием. По результатам испытаний была оценена прочность контактного шва составных конструкций (рис. 4).

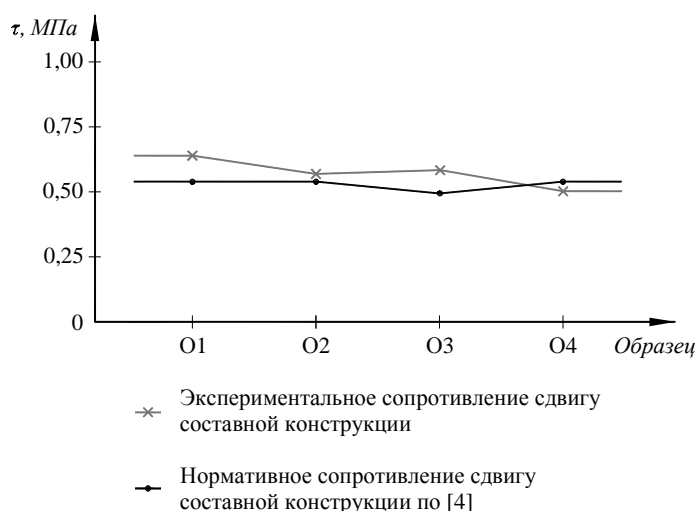


Рис. 4. Оценка прочности контактного шва составных конструкций

Все обобщенные данные по составным конструкциям второй серии приведены в таблице 3.

Таблица 3

Обобщенные характеристики Г-образных составных элементов 2-й серии

Образец	Способ уплотнения бетонной смеси намоноличивания	Вид поверхности контакта	Вид поверхности контакта по [4]	$f_{c, cube}^G$ , МПа, сборного бетона	$f_{c, cube}^G$ , МПа, бетона намоноличивания
O1	Послойное штыкование	Очистка поверхности до заполнителя глубиной до 5 мм	Промежуточная между гладкой и особо гладкой	69,78	31,05
O2				51,11	30
O3				42,78	30
O4				40,67	34,92

**Заключение.** На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы о влиянии подготовки поверхности на прочность контактного шва:

1) очистка поверхности 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 в 1,5 раза;

2) образцы с послойным уплотнением бетонной смеси намоноличивания вибрированием дают результаты сопротивления сдвигу составных конструкций значительно выше, чем образцы с послойным уплотнением бетонной смеси намоноличивания штыкованием;

3) прочность контактного шва практически не зависит от класса сборного бетона. Применение в эксперименте сборного бетона с кубиковой прочностью  $f_{c, cube}^G = 40...70$  МПа практически не повлияло на прочность контактного шва. При более низких значениях прочности сборного бетона требуется проведение дополнительных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кремнева, Е.Г. Прочность нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов, усиленных намоноличиванием под нагрузкой: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Е.Г. Кремнева. – М., 1996. – 22 с.
2. Чикалина, О.П. Усиление железобетонных конструкций намоноличиванием с применением модифицированных бетонов: автореф. дис. ... магистра техн. наук: 05.23.01 / О.П. Чикалина. – Новополоцк, 2003. – 77 с.
3. Технология и организация строительного производства: учеб. пособие / А.С. Стаценко, А.И. Тамкович. – 2-е изд., испр. – Минск: Выш. шк., 2002. – 367 с.
4. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. – Минск: М-во арх. и стр-ва Респ. Беларусь, 2003. – 132 с.
5. Мацкевич, А.Ф. Несъемная опалубка монолитных железобетонных конструкций / А.Ф. Мацкевич. – М.: Стройиздат, 1986. – 96 с.
6. Юнг, В.М. Основы технологии вяжущих веществ / В.М. Юнг, Ю.М. Бутт. – М.: Стройиздат, 1975. – 112 с.
7. Юкневичюте, Я.А. О прочности старого и нового бетона с суперпластификатором С-3 / Я.А. Юкневичюте, В.М. Багочюнас // Бетон и железобетон. – 1986. – № 2. – С. 33.
8. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: Гост 10180-90. – Введ. 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 46 с.

Поступила 01.06.2011

#### CONTACT SEAMS IN REINFORCED CONCRETE COMPOSITE STRUCTURES

*E. KREMNEVA, E. KHAMENOK*

*We consider a point about contact seams in reinforced concrete composite structures. Preparation of a contact seam is one of the important factors of an overall performance of a reinforced concrete composite structure. It is possible under the condition of the joint decision dealing with materials technology, design and technological problems. We show conditional classification of contact seams of reinforced concrete composite structures. We consider constructive and technological actions, and also materials technology aspects. They provide reliable coupling of layers of a composite structure. We do conclusions about influence of contact surface preparation, ways of concrete consolidation and classes of concrete layers on contact seam durability. It is actual under production conditions on a working site, with a view of material, labour and power resources economy.*