

Таблица 3 – Результаты расчетов

№ пробы	Количество химически связанной воды, %		Количество свободной воды		В/Ц	Расход цемента, кг/м ³ бетонной смеси		Погрешность, %
	Общее от массы бетона	От массы цемента	Общее	В % от массы цемента		По расчёту	Фактический	
2	1,69	14	2,50	21	0,35	460	450	2,2%
3	1,65	13,7	3,84	32,3	0,46	450	450	0%

2. Идентификация вещественного состава с возможностью теоретического расчета количества вяжущего в смеси облегчит подход к определению состава, поскольку отпадет необходимость использования ряда химических реактивов.

3. Возможность определения вещественного состава бетона позволит получить дополнительную информацию о качестве производства работ и выпуска бетонных смесей;

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Требования, показатели, изготовление и соответствие : СТБ EN 206 Бетон. – Минск: РУП «Стройтехнорм», 2016. – 105 с.
2. Методические рекомендации по определению вещественного состава бетона // Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве». – Москва, 2017. – 92 с.
3. Лещинский, М. Ю. Испытание бетона : справочное пособие. – М. : Стройиздат, 1980. – 360 с., ил.
4. Ахвердов, И. Н. Высокопрочный бетон. – М. : ГСИ, 1961.
5. Волженский, А. В. Минеральные вяжущие вещества. – Москва : Стройиздат, 1986 – 464 с.
6. Волженский, А. В. Характер и роль изменений в объемах фаз при твердении вяжущих и бетонов // Бетон и железобетон. – 1969. – № 3. – С. 16–20.
7. Bentz D.P. Three-Dimensional Computer Simulation of Portland Cement Hydration and Microstructure Development, J. Am. Ceram Soc., 80 [1] 3-21, 1997.
8. Bernard, O. A multiscale micromechanics-hydration model for the early-age elastic properties of cement-based materials / O. Bernard, F. J. Ulm, E. Lemarchand // Cement and Concrete Research. – Vol. 33. – 2003. – P. 1293–1309.
9. Turriziani, R. The Chemistry of Cements, 1964. – P. 260–277.

Материал поступил в редакцию 15.04.2019

PAVLOVA I. P. The modified experimental and theoretical metodika of determination of material composition of concrete

Concrete mix material constitution determination is frequently provoked by necessary of receipt and identification main reasons, leading in concrete structures defects appearance. In present paper are proposed modified method for concrete mix material constitution, differ from traditional probability for theoretical calculation of concrete mix binder part. This approach make possible material constitution determination even without availability of chemical reagents. Theoretical evaluation of cement amount are based on chemically combined water determination in agreement with chemical reaction stoichiometry, degree of hydration, clinker mineralogical compound and so on.

УДК 691.32 (043.3)

Павлова И. П., Беломесова К. Ю.

ВЛИЯНИЕ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА СПОСОБА ВВЕДЕНИЯ БАЗАЛЬТОВОГО ФИБРОВЛОКНА В ЦЕМЕНТНУЮ СИСТЕМУ

Введение. Возведение современных зданий и сооружений требует применения бетонов, обладающих высокими эксплуатационными и физико-механическими характеристиками. Одним из наиболее актуальных на сегодняшний день вариантов таких композиционных материалов является фибробетон – бетон, армированный дисперсными волокнами (фибрами).

Фибробетоны по праву занимают свою нишу в области высокофункциональных и высококачественных бетонных композитов, так как обладают значениями по прочности, трещиностойкости, водонепроницаемости, морозостойкости и долговечности во много раз превосходящими эти значения у традиционных бетонов. Однако, несмотря на целый ряд преимуществ фибробетона перед традиционным бетоном, последний по-прежнему занимает лидирующие позиции по применению в современном строительстве, чего нельзя сказать о фибробетоне.

Связано это в первую очередь с широким диапазоном вопросов, возникающих перед исследователем в данной области, многие из которых до конца не изучены и на которые нет однозначного ответа.

Перечень основных вопросов, с которыми сталкивается исследователь при подготовке к получению фибробетона, выглядит следующим образом: оптимальный вид армирующего волокна (фибры), его количество, способ введения, а также определение характера и

степени влияния последнего на важнейшие характеристики бетонного композита (прочность, трещиностойкость, усадочные деформации и т. д.). Перечисленные выше аспекты являются ключевыми в целях получения на выходе композита с высокими эксплуатационными характеристиками.

Что касается выбора материалов, применяемых для дисперсного армирования, то в качестве последних выступают различные виды металлических и неметаллических волокон минерального и органического происхождения. На сегодняшний день наиболее популярными являются: стальные, стеклянные, базальтовые, полипропиленовые и т. п.

Каждое из перечисленных выше видов волокон обладает своими преимуществами и недостатками перед другим видом, причем каждое из этих волокон ведет себя по-разному по отношению к цементной матрице бетонных композитов. Речь идет о стойкости данных волокон в щелочной среде гидратирующего цемента. Таким образом, подходу к выбору вида армирующего волокна, необходимо изучить не только его технические характеристики, но и в случае применения данного волокна в цементных композитах оценить степень стойкости последнего в щелочной среде бетона. В таблице 1 представлены основные характеристики и свойства наиболее известных и нашедших применение в строительной отрасли армирующих волокон (фибр).

Беломесова К. Ю., магистр, аспирант кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Таблица 1 – Основные характеристики различных видов армирующих волокон согласно [1]

Материал	Базальтовое фиброволокно	Полипропиленовая фибра	Стекловолокно марки E или S	Стальная фибра
Прочность на растяжение, МПа	1900-3900	150-600	1500-3500	600-1500
Модуль упругости, ГПа	90-130	35	75	190
Коэффициент удлинения, %	3,2	20-150	4,5	3-4
Температура плавления, °С	1450	160	860	1550
Плотность, г/см ³	2,60	0,91	2,60	7,80

В целом, учитывая вышеперечисленные аспекты, среди множества материалов, применяемых для дисперсного армирования бетонов, на основании существующих, а также собственных исследований в данной области [2, с. 75], необходимо отдельно выделить базальтовое волокно.

Базальтовое волокно обладает рядом преимуществ перед другими видами волокон, заключающихся в высоком уровне физико-механических и химических свойств, долговечности, стабильности свойств при длительной эксплуатации в различных условиях, хорошей адгезии к различным связующим, при этом оно обладает высокими конструкционными, теплозвукоизоляционными, диэлектрическими свойствами.

Перспективность использования данного волокна в качестве армирующего компонента бетонных композитов объясняется многими факторами, главный из которых в большей степени заключается в природе самого волокна: базальтовое волокно является продуктом тепловой обработки горной породы типа базальт, обладающим высокими прочностными и физико-механическими характеристиками, собственными исходной породе.

Базальтовое волокно, применяемое в качестве армирующего компонента, позволяет цементным бетонам бороться с одним из основных недостатков, а именно низкой прочностью на растяжение. Вместе с тем, бетоны на цементных вяжущих, армированные базальтовым волокном, по-прежнему обладают следующим недостатком, присущим всем цементным композитам – развитие усадочных деформаций. Одним из эффективных способов компенсации или частичного снижения которых является применение расширяющихся модифицированных вяжущих [3, с. 102].

Также следует отметить, что при выборе армирующего компонента для цементных композитов важной характеристикой волокна является его устойчивость к агрессивной среде гидратирующего цемента. Что же касается базальтового волокна, то помимо его преимуществ перед другими видами волокон, которые перечислены выше, оно, по мнению большинства авторов [1, 3, 4], а также на основании собственных исследований обладает достаточно высоким уровнем стойкости в щелочных средах.

Однако необходимо отметить, что степень влияния щелочной среды на основные характеристики базальтового волокна во многом зависит от вида базальтового волокна (дискретное или непрерывное волокно). Связано это в большей степени с поверхностью волокна, например, дискретное волокно обладает развитой поверхностью и наличием нежелательных дефектов (пор и микротрещин) на поверхности самого волокна, что в свою очередь, способствует быстрому протеканию процессов адсорбции агрессивной среды, и, как следствие, ведет к снижению прочности волокна в целом, а в некоторых случаях даже к разрушению. При этом непрерывное волокно в свою очередь обладает более гладкой поверхностью, в меньшей степени, обладающей наличием таких дефектов, как поры и микротрещины.

Важно отметить, что в целях повышения устойчивости базальтового волокна в щелочных средах производители данного вида волокон стали использовать специальные щелочестойкие замасливатели, позволяющие еще больше повысить защитные свойства волокон к агрессивной среде цементных бетонов.

Таким образом, рубленое базальтовое волокно (фибра) является одним из наиболее оптимальных видов волокон, обладающим не только достаточно высокими техническими характеристиками по сравнению со многими из известных видов волокон, но и имеющим высокую степень устойчивости в агрессивных средах, что позволяет с успехом применять его в цементных бетонах.

При всех перечисленных выше достоинствах данного вида волокна и, казалось бы, легкости в применении, существуют и несколько достаточно сложных моментов, с которыми приходится сталкиваться на стадии приготовления бетонной смеси. Одним из таких моментов является введение армирующего волокна в бетонную смесь. Для того, чтобы более точно понимать, в чем заключается сложность процесса введения данного волокна (фибры), необходимо понимать, что оно из себя представляет.

Базальтовое волокно получают методом производственной рубки из ровинга отрезков заданной длины, состоящих из множества параллельно уложенных элементарных волокон, собранных замасливателем во временные пучки. На рисунке 1а) представлен отрезок комплексной нити базальтового волокна, а на рисунке 1б) показаны монофиламенты, составляющие один такой пучок.

В зависимости от технологии производства базальтового волокна в одном таком отрезке базальтовой фибры (временном пучке) может содержаться от 400 до 800 штук отдельных монофиламентов, диаметр которых зависит от технических характеристик фильерного питателя, через который происходит вытягивание элементарных волокон. При соединении базальтовых волокон (фибр) с компонентами смеси, в процессе перемешивания эти временные пучки распадутся на отдельные монофиламенты, которые в свою очередь свободно и хаотично распределяются во всем объеме композита, вызывая так называемый эффект объемного или 3D-армирования. За счет гомогенного распределения волокна в цементном композите формируется пространственная микроармированная цементная матрица, которая, в свою очередь, эффективно противодействует сжимающим и растягивающим напряжениям, возникающим в бетоне при внешних силовых воздействиях (см. рис. 2).

Основной задачей для достижения вышеуказанных эффектов является определение оптимального способа введения и перемешивания базальтового волокна с компонентами смеси, при котором удастся достичь равномерного распределения данного волокна в теле бетонного композита.

Причем необходимо также понимать, что на равномерность распределения базальтового волокна в теле бетонного композита влияет не только способ его введения, но и ряд других немаловажных аспектов, таких как количественные характеристики воды и вяжущего вещества, применение пластифицирующих добавок, вид смешительного оборудования, а также качество применяемых сырьевых материалов и многие другие.

На сегодняшний день нет хорошо обоснованного способа введения базальтового волокна в бетонную смесь, позволившего с большой уверенностью утверждать, что именно такой способ позволит достичь равномерного распределения волокна во всем объеме смеси.

Вместе с тем, результаты поиска такого способа нашли отражение во многих работах авторов [1, 4–6], занимающихся данной проблемой. На основании данных работ, а также собственных экспериментальных исследований следует выделить наиболее распространенные и в то же время наиболее рациональные из всех существующих способы введения базальтового волокна в бетонную смесь: – в сухие компоненты смеси; – в цементную суспензию; – в уже готовую смесь.

Экспериментальные исследования. Из вышеперечисленных способов для исследования были выбраны следующие: – в сухие компоненты (схема 1) и – в цементную суспензию (схема 2).

Целью данного исследования было определение наиболее оптимального из выбранных способов введения базальтового волокна в бетонную смесь, обладающего большим количеством преимуществ перед другим способом, а также позволяющего достичь наиболее гомогенного распределения волокон в теле бетонного композита.



Рисунок 1 – Базальтовое фиброволокно а) временный пучок волокон; б) монофиламенты



Рисунок 2 – Вид опытных образцов из фибробетона после испытаний на прочность

В качестве вяжущего вещества использовали напрягающий цемент (НЦ), полученный в лабораторных условиях, состоящий из смеси портландцемента и расширяющейся добавки, состоящей из смеси высокоактивного метакеолина и природного гипса. В качестве мелкого заполнителя был использован песок ГОСТ 8736-2014, модуль крупности $M_k=2,1$. Для исследуемых составов соотношение цемента к песку принято 1:3, содержание базальтового волокна принято 4% от массы вяжущего, технические характеристики волокна указаны в таблице 2.

Кроме того, в связи с применением ультрадисперсной расширяющейся добавки, а также для достижения более равномерного распределения базальтового волокна во всем объеме обязательным условием является применение пластифицирующей добав-

ки I группы эффективности. В данных случаях в качестве пластифицирующей добавки был использован пластификатор на основе модифицированных поликарбоксилатных эфиров.

Таблица 2 – Технические характеристики применяемого базальтового волокна

Наименование показателя	Значение
Длина базальтового волокна, мм	24,5
Диаметр отдельного монофиламента, мкм	16
Модуль упругости, МПа	93200-116000
Прочность на разрыв, МПа	1500-2000
Плотность, г/см ³	2,7

Таким образом, в данных исследованиях рассмотрены две схемы загрузки материалов при приготовлении фибробетонных смесей (см. табл. 3), в которых использовалась различная последовательность загрузки материалов.

Таблица 3 – Этапы приготовления базальтофибробетонной смеси по принятым схемам

№ этапа	Схема 1	Схема 2
	Компоненты смеси	Компоненты смеси
1	НЦ+П	НЦ+В+СП (0,8%)
2	БВ (4%)	БВ (4%)
3	В+СП (0,8%)	П

Примечание: НЦ – *напрягающий цемент*; БВ – *базальтовое волокно (фибра)*; П – *песок*; В – *вода*; СП – *пластифицирующая добавка I группы на поликарбоксилатной основе*

Как было отмечено ранее, в данном исследовании были рассмотрены 2 схемы загрузки материалов, имеющих принципиальное различие, заключающееся в последовательности введения базальтового волокна в бетонную смесь:

- схема 1 – введение базальтового волокна в сухую смесь цемента и песка, получение однородной смеси сухих компонентов и последующее затворение их водой с пластифицирующей добавкой;
- схема 2 – введение базальтового волокна в предварительно приготовленную суспензию², состоящую из цемента, воды и пластифицирующей добавки, получение однородной смеси и последующее введение песка с совместным перемешиванием всех компонентов фибробетонной смеси.

В качестве контрольного принят состав без базальтового волокна (НЦ+П+В+пл).

Поскольку одним из основных преимуществ применения дисперсного армирования является повышение прочности на растяжение в цементных композитах, именно эта характеристика была выбрана в качестве контрольной при постановке экспериментальных исследований. Для определения влияния каждой из схем введения базальтового волокна в бетонную смесь на прочность на растяжение при изгибе были заформованы контрольные образцы-призмы в соответствии с СТБ 1335 [7]. Испытания контрольных образцов выполнены в возрасте 2, 7 и 28 суток. Результаты представлены в виде гистограмм на рисунке 3.

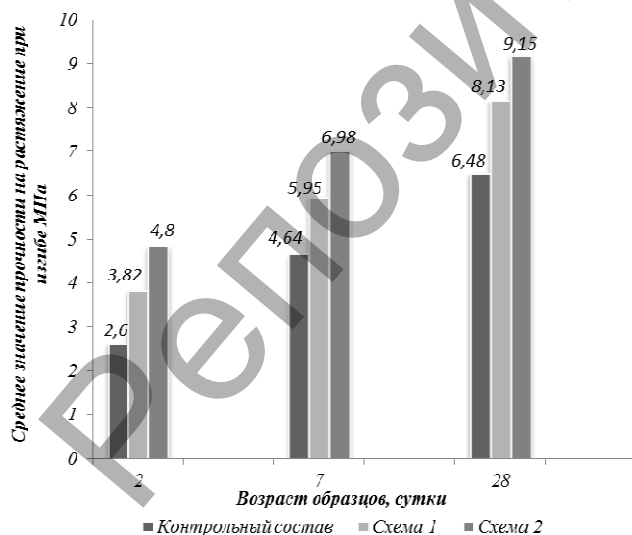


Рисунок 3 – Прочностные характеристики опытных образцов на растяжение при изгибе

² – Суспензия (от позднелат. *Suspensio* – *подвешивание*), **дисперсные системы**, в которых твердые частицы **дисперсной фазы** находятся во взвешенном состоянии в жидкой **дисперсионной среде**.

Результаты экспериментальных исследований и их анализ. Анализируя данные, полученные в ходе экспериментальных исследований, можно сделать ряд выводов, касающихся степени влияния базальтового волокна на важнейшие физико-механические характеристики бетонного композита, а также определить наиболее оптимальный вариант введения волокна в бетонную смесь.

На рисунке 3 наглядно видно, что применение базальтового волокна в качестве армирующего компонента (независимо от способа его введения в бетонную смесь) повышает прочность на растяжение композитов на основе цементных вяжущих.

Образцы, армированные базальтовым волокном, имеют значения прочности на растяжение при изгибе в среднем на 25% превышающие значения прочности у контрольных образцов без армирования. Причем, эффект повышения прочности максимален в раннем возрасте (прирост прочности составил от 32% до 45%).

Возвращаясь к вопросу определения оптимального способа введения базальтового волокна в бетонную смесь – из двух исследуемых схем, наиболее рациональной является вторая схема, а именно введение базальтового волокна в цементную суспензию. Прирост прочности на растяжение при изгибе у образцов, изготовленных с применением схемы № 2, составил в среднем 12 % по отношению к первой схеме, при введении компонентов в сухом виде.

Однако необходимо отметить, что к определению целесообразности какой-либо из вышеуказанных схем необходимо подходить не только со стороны степени влияния на прочностные характеристики, безусловно являющейся основной в данном вопросе, но и с других сторон, касающихся протекания самого технологического процесса.

Исследуемые схемы получения фибробетонной смеси обладают целым рядом преимуществ и недостатков. Например, при введении базальтового волокна в сухую смесь (схема 1) в процессе перемешивания происходит разделение каждого отрезка волокна на множество элементарных волокон. При достаточно высокой частоте вращения смесительного оборудования происходит выброс отдельных монофиламентов в воздух, таким образом, хоть и в небольшой степени наблюдается потеря доли армирующих волокон. При этом на основании собственных наблюдений необходимо отметить, что введение базальтового волокна в сухие компоненты зачастую приводит к неполному разделению волокон на отдельные монофиламенты, что в дальнейшем приводит к комкованию базальтовых волокон. А наличие комков базальтовых волокон в свою очередь ведет к снижению прочностных характеристик бетонного композита в целом. Разумеется, в случае введения базальтового волокна в суспензию цемента, воды и пластификатора (схема 2) такого не наблюдается, при данной схеме полностью исключается потеря как армирующих волокон, так и всех остальных компонентов бетонной смеси. Такой способ введения позволяет волокну наилучшим способом распределиться в цементной суспензии и способствует лучшему обволакиванию каждого монофиламента цементным вяжущим. Однако такой способ сопряжен с рядом трудностей технологического плана, поскольку не всегда в построечных условиях есть возможность ввода сырьевых компонентов в виде суспензии.

Таким образом, на основании вышеперечисленного, а также на основании анализа полученных данных можно сделать вывод о рациональности введения базальтового волокна по схеме 2, то есть введение базальтового волокна в цементную суспензию. Данный способ введения волокна позволяет ему наиболее равномерно распределиться в теле бетонного композита, тем самым сформировать пространственную микроармированную цементную матрицу, вызывая так называемый эффект 3D-армирования.

Заключение. 1. Дисперсное армирование базальтовым волокном цементных систем ведет к созданию пространственного каркаса, за счет свободного и хаотичного распределения элементарных волокон в теле композита, что в свою очередь позволяет противостоять разрушающим напряжениям, приводящим к образованию сквозных или поверхностных трещин;

2. Применение базальтового волокна в качестве армирующего компонента (независимо от способа его введения в бетонную смесь)

оказывает положительное действие на прочностные характеристики бетонного композита. Образцы, армированные базальтовым волокном, имеют значения прочности на растяжение, в среднем на 25% превышающие значения прочности у контрольных образцов без армирования. При этом эффект повышения прочности максимален в раннем возрасте (прирост прочности составил от 32% до 45%).

3. Наиболее оптимальным способом введения базальтового волокна в бетонную смесь, позволяющим достичь максимально равномерного распределения последнего во всем объеме смеси, а также обладающим целым рядом преимуществ перед другими известными способами, является введение волокон в цементную суспензию с последующим введением всех остальных составляющих.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкция: монография – М. : Издательство АСВ, 2004. – 560 с.
2. Беломесова, К. Ю. Применение базальтовой фибры в качестве армирующего компонента в цементно-песчаных композитах // Традиции, современные проблемы и перспективы развития

строительства : сб. науч. ст. / ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол.: В. Г. Барсуков (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2016. – С. 74–77.

3. Павлова, И. П. Исследование влияния расширяющихся сульфатно-ферритных и сульфаталюминатных добавок на прочностные показатели и собственные деформации цементных систем / И. П. Павлова, Т. В. Каленюк, К. Ю. Беломесова // Весн. БрГТУ. – Серия : Строительство и архитектура. – 2016. – № 1. – С. 123–127.
4. Боровских, И. В. Высокопрочный тонкозернистый базальтофибробетон: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / И. В. Боровских – Казань, 2009. – 168 с. – Библиогр.: С. 146–163.
5. Деревянко, В. Н. Стойкость базальтового волокна в различных средах // До 80 річка Придніпр. держ. акад. будівн. та архіт. // Вісник ПДАБА. – 2010. – № 2. – С. 1–6.
6. Бучкин, А. В. Мелкозернистый бетон высокой коррозионной стойкости, армированный базальтовым волокном // Технологии бетонов. – 2011. – № 9–10. – С. 38–40.
7. Цемент напрягающий. Технические условия : СТБ 1335. – Минск : Минстройархитектуры, 2002 – 11 с.

Материал поступил в редакцию 15.04.2019

BELOMESOVA K. Yu., PAVLOVA I. P. Influence of the way of introduction of basalt fibrovolokn to tse-mentnyuyu the system on concrete durability

In present paper probabilities of basalt fiber and expansive sulfo-aluminate type additive combined application in order to receive high-performance composite are considered. Use of basalt fiber, introduction of which in minimal amount due to disintegration on monofilament with great specific surface on this case lead to concrete composite tensile strength increase course of 3-D structure reinforcement effect and changing fracture toughness. Amount of expansive additive assign proceeding from shrinkage compensating or achievement of necessary self-stress level. Maximum amount of basalt fiber limit to 4% cause to prevent percolation effect, but to provide formation of filament spatial framework. In study results of experimental research of basalt fiber introduction method on strength properties of expansive sulfo-aluminate type cement systems are bringing. Must optimal basalt fiber introduction method in concrete mix are proposed, preferences and influence degree on strength properties are determined

УДК 624.016

Шалобыта Н. Н., Шалобыта Т. П., Магомадов И. Ш., Деркач Е. А.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗГИБАЕМОГО ЭЛЕМЕНТА С КОМПОЗИТНОЙ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКой

Введение. В настоящее время не только в нашей стране, но и во всем мире все более острым становится вопрос о снижении материалоемкости и трудозатрат на возведение строительных конструкций в частности из железобетона. В области строительных конструкций, одним из способов решения данной проблемы является разработка, исследование и внедрение в практику строительства различных инновационных конструктивных решений. При возведении монолитных конструктивных систем в Беларуси практически повсеместно применяется съемная, или передвижная, опалубка, которую устанавливают на месте строительства и демонтируют после того, как монолитный бетон набирает необходимую прочность. Современные технологии предполагают применение несъемной или оставляемой опалубки, которая после бетонирования сохраняется как элемент конструкции.

В современном отечественном производстве крайне редко встречаются монолитные конструкции эффективных конструктивных форм, внедрение которых, несомненно, снизило бы себестоимость вновь возводимых и реконструируемых строительных объектов. Одна из причин такого положения дел связана с недостаточно развитой теорией расчета и конструирования подобных конструкций в отечественной

строительной индустрии. Внедрение новых типов конструкций требует экспериментального подтверждения их надежности.

Одним из перспективных вариантов несъемной (оставляемой) опалубки является достаточно известная в Европе система «VST-systems» австрийской фирмы VST BUILDING TECHNOLOGIES AG [1], в основе которой лежит применение в качестве элементов опалубки листов цементно-стружечных плит. Цементно-стружечные плиты (ЦСП) – конструктивный листовый материал, обладающий рядом свойств основных его компонентов (цемента и древесины) : высокой прочностью, влагостойкостью, трудносгораемостью, биостойкостью, отсутствием токсичности, легкостью обработки. Они не воспламеняются, атмосфероустойчивы, не подвержены воздействию насекомых и грибов, хорошо склеиваются с древесиной, полимерами и металлами, сравнительно легко поддаются пиленю, фрезерованию и сверлению [2]. Для Республики Беларусь ЦСП-технология является относительно новой, несмотря на то, что она дает возможность снизить себестоимость строительства, сократить его сроки и повысить качество зданий.

Запатентованная система [1] – это система несъемной опалубки, состоящая из цементно-стружечных плит толщиной 24 мм, соеди-

Шалобыта Николай Николаевич, к. т. н., проректор по научной работе Брестского государственного технического университета.

Шалобыта Татьяна Петровна, к. т. н., доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Магомадов Ислам Шараниевич, магистрант кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Деркач Евгений Александрович, старший преподаватель кафедры геотехники и транспортных коммуникаций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.