

УДК 691.87

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ КАК ОДИН ИЗ НАИБОЛЕЕ АКТУАЛЬНЫХ, ОБЪЕКТИВНЫХ И НАДЕЖНЫХ МЕТОДОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*канд. техн. наук Д.Н. ШАБАНОВ; Е.А. ЗЯБКИН; Е.А. ТРАМБИЦКИЙ
(Полоцкий государственный университет)*

Рассматривается возможность использования методики быстрого прототипирования методом 3D-печати на основе аддитивных технологий. Получено изделие из пластика по технологии производства трехмерных конструкций, позволяющее определить характеристики их напряженного и деформированного состояния, а также перейти к характеристикам натуральных изделий из стеклопластика, так как в перспективе модель может быть изготовлена как из пластика, так и стеклопластика. Сделан вывод о возможности применения стеклопластиковой арматуры в монолитных изделиях.

Ключевые слова: 3D-модель, моделирование, быстрое прототипирование.

Введение. Сегодня применение композитной арматуры в строительстве значительно расширилось и особенно актуально для сооружений, эксплуатируемых в агрессивных средах. Учитывая, что при армировании бетонных конструкций эффективное использование стеклопластиковой арматуры возможно только при выполнении предварительного напряжения стержней, особое значение приобретает периодический профиль арматуры, обеспечивающий совместную работу арматурных стержней и бетона [1]. Важной особенностью механического поведения структурно-неоднородных материалов под нагрузкой является закритическая стадия деформирования. Получили распространение численные методы моделирования, которые позволяют представить среду в виде системы дискретных элементов и рассматривать диссипативные процессы как многошаговые повреждения структуры модели. В случае конструкций, работающих в условиях статического нагружения, в процессе разрушения композитов можно выделить несколько этапов. На начальном этапе происходят зарождение и накопление повреждений. На следующем этапе – слияние отдельных зон накопления повреждений с образованием достаточно протяженного материала. При решении задачи прогнозирования прочности композита особое значение приобретает, во-первых, оценка условий, при которых начинается процесс активного накопления повреждений на начальном этапе разрушения, а во-вторых, оценка условий, при которых происходит переход от локализованного накопления повреждений к макроскопическому разрушению материала. Определение этих условий позволяет выделить три основных состояния композиционного материала, которые условно можно назвать исходным (неповрежденным), поврежденным и разрушенным [2].

Строительство монолитных армобетонных и непрерывно армированных конструкций. При строительстве армированных бетонных конструкций установку арматуры осуществляют: до начала бетонирования – в процессе подготовительных работ; в процессе бетонирования с помощью вибропогружателей. Во втором случае арматуру укладывают на предварительно распределенный нижний слой бетонной смеси. Распределение бетонной смеси в этом случае производят двумя распределителями. Непрерывно армированные бетонные конструкции представляют собой монолитные изделия, армированные непрерывной ненапрягаемой арматурой по всей длине изделия.

Основные преимущества непрерывно армированных конструкций – возможность комплексной механизации и автоматизации технологического процесса; монолитное перекрытие обеспечивает достаточную прочность, благодаря которой вся конструкция способна выдержать значительные нагрузки.

Замена стальной арматуры периодического профиля на стеклопластиковую периодического профиля для изделий различного назначения. В изгибаемых изделиях, например плитах перекрытий, арматуру из металла $\varnothing 12$ мм заменяют арматурой большего диаметра, равного 14 мм, из композитного материала. Что касается изделий, работающих на сжатие, например фундамента, то, наоборот, арматуру $\varnothing 8$ мм из стекловолокна заменяет арматурой $\varnothing 12$ мм марки А400.

Современные представления об использовании композитной арматуры получили широкий резонанс в применении её в конструкциях совместно с металлической. Заметим, что улучшенные физико-механические свойства композитной арматуры имеют более высокие показатели по сравнению с арматурой из металла. Такая арматура обладает высокой коррозионной устойчивостью в агрессивных средах (в химических растворах солей, щелочей и кислот). Для стеклопластиков на основе полиэфирных смол ряд общих свойств, касающихся их химической стойкости, определяется исходя из химической структуры смол, являющихся сложными эфирами. Полиэфирные смолы обладают высокой стойкостью к действию многих неорганических и органических кислот (за исключением сильных кислот-окислителей), масел и многих растворителей. Они частично набухают под воздействием таких сильных растворителей, как хлорированные углеводы. Некоторые данные о коррозионной стойкости представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Воздействие кислот, солей и щелочей на стеклопластиковую арматуру [10]

Составы агрессивных сред	Воздействие на арматуру	Структурные изменения	Предел прочности на растяжение, МПа
50%-ная H ₂ SO ₄	Слабое	Расслаивание смол	337
10%-ная HCL	Слабое	Некоторая потеря прочности	351
10%-ная H ₃ PO ₄	Без изменений	Состояние удовлетворительное	494

Стеклопластиковая арматура может быть использована для создания конструкций из бетонов, клееной древесины, пластмасс и других материалов [4; 8; 9].

Совместная работа арматуры и бетона как критерий надежности конструкций возможна только при наличии надежного сцепления между ними. Наибольшее влияние на сцепление зависит от периодического профиля, наносимого на поверхность арматуры в процессе ее изготовления. В этой связи совершенствование формы и параметров периодического профиля арматуры – важная задача, нацеленная в конечном итоге на улучшение эксплуатационных характеристик конструкций различного назначения и повышение их надежности. Такие факторы сцепления, как силы трения и склеивания, зависят от площади контакта арматуры с бетоном. Поэтому за основу оценки влияния параметров периодического профиля стержневой арматуры на сцепление с бетоном принимается отношение высоты поперечных выступов к их шагу (h / t). Для изучения влияния геометрических размеров и конструкции профиля арматуры на ее сцепление с бетоном проводятся испытания на «вытягивание арматурных стержней из бетонных кубов или призм». Стеклопластиковый композитный стержень в виде «веревки» имеет на концах анкерные утолщения в виде монолитных «узлов», что обеспечивает 70...75% общего сопротивления сдвигу. Остальные 30...25% приходятся на склеивание арматуры с бетоном и трение по поверхности их контакта. На основании этого проведен анализ различных конструкций канатной арматуры. Для оценки погонного сцепления арматурного каната с бетоном получена следующая зависимость [3]:

$$\bar{q} = \frac{\bar{P}}{F} = \frac{\bar{F}_3}{Fl} \omega \bar{\sigma}_o + \frac{\bar{S}}{F} \bar{\tau},$$

где P – сопротивление сдвигу арматуры в бетоне на единицу длины каната; \bar{F} – суммарная площадь поперечного сечения проволок, составляющих канат; \bar{l} – длина шага свивки каната; \bar{F}_3 – площадь зацепления для участка шага свивки; \bar{S} – периметр поперечного сечения каната по линии контакта с бетоном; ω – коэффициент полноты площади зацепления; $\bar{\sigma}_o$ – нормальные напряжения между арматурой и бетоном, действующие на площадях зацепления; $\bar{\tau}$ – касательные напряжения по поверхности контакта арматуры с бетоном.

В общей величине сцепления основной фактор (зацепление) характеризуется первым членом представленной выше формулы. Под площадью зацепления подразумевается разница между площадью описанной вокруг каната окружности и площадью поперечного сечения каната, увеличенной в m раз (m – число элементов внешнего повива, для витой арматуры $m = 2$).

Характеристика сцепления определялась для различных арматурных канатов. Проведенный анализ показал, что наилучшим сцеплением обладают канаты, свитые из двух исходных элементов (двухстренговый арматурный канат). Они просты в изготовлении, достаточно мощные, обладают высоким сцеплением с бетоном. Сцепление двухстренговых канатов с бетоном примерно в два раза выше, чем исходных прядей. Это означает, что и зона анкеровки, и зона заделки в бетоне для каната по абсолютной величине останутся теми же (а в ряде случаев оказываются меньшими), что и для исходных прядей.

Для расширения областей применения композитной неметаллической арматуры и детального изучения ее совместной работы с бетоном целесообразно продолжить исследования и провести испытания конструкций различного назначения, например, использование неметаллической арматуры в предварительно напряженных железобетонных конструкциях. Применяются в основном три способа предварительного напряжения бетонных конструкций с дискретной стеклопластиковой арматурой: натяжение на упоры, натяжение на бетон, непрерывная навивка. Наиболее распространенным является способ натяжения на упоры. С помощью специальных приспособлений арматура вытягивается на заданную величину и закрепляется на бортовые элементы металлической формы, затем производится бетонирование и термовлажностная обработка бетона для ускорения твердения. После набора бетоном 70% конечной прочности усилие обжатия передается на бетон. Однако для изготовления таких конструкций в заводских условиях препятствием является отсутствие захватных приспособлений и оснастки. Практика показала преимущество клиновых зажимов по сравнению с другими видами захватных устройств. Разработана

модель устройства для испытаний стеклопластиковой арматуры на растяжение, а также получения ее предварительного напряжения.

При применении новых технологий 3D-печати трехмерных конструкций под названием 3D Sosooper робот в соответствии с заданием изготавливает конструкции из стекловолоконной нити, поверхность которых имеет небольшую шероховатость. Как только вязкие нити покидают фильеру для формирования волокон, их ламинируют полимером, закрепляющимся под действием ультрафиолета. Затем из них создаются сложные конструкции. В отличие от других процессов 3D-печати, конструкции 3D Sosooper печатаются не в результате послойного синтеза, а свободно создаются в трехмерном пространстве, что позволяет получить максимально приближенную к натурным образцам конструкцию. Печать изделия получают при помощи готовой стеклонити. В Полоцком государственном университете разработана технология, которая может быть использована для 3D-печати изделий, армированных непрерывными стекловолоконными нитями. Печать изделия происходит благодаря стеклопластиковой арматуре периодического профиля, полученной предварительно на 3D-принтере.

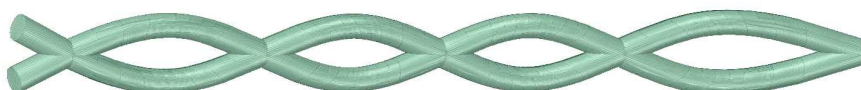


Рисунок 1. – Стеклопластиковая арматура периодического профиля

Полученные стержни периодического профиля позволят получать различные конструкции (сетки, каркасы) [14]. Метод исследования конструкций и сооружений на физических моделях с применением методов теории подобия при постановке и обработке эксперимента позволяет определять: схему разрушения; несущую способность изделия; силовые и коррозионные воздействия (морские волны, давление сыпучих сред, воздействие солей и кислот); напряженно-деформированное состояние изделия. При создании модели из того же материала, что и натурная конструкция, условие подобия выполняется автоматически. Если используются разные материалы, это условие, как правило, не удовлетворяется, и требуется сопоставление характеристик материалов. Для этого необходимо, чтобы соотношение пределов прочностей на растяжение у материала модели было таким же, как у натурального изделия, и чтобы характер изменения прочностей на растяжение при изгибе и внецентренном сжатии и растяжении изменялся у материала модели таким же образом, как и у интересующего изделия. Обязательным условием подобия материала модели к натурному изделию является равенство их коэффициентов Пуассона [12].

Разработанное устройство для испытания стеклопластиковой арматуры (рис. 2) состоит из двух пластин 1, установленных по концам стеклопластиковой арматуры, внутри которых расположены поддерживающие пластины 2 и клинья 3, обжимающие стеклопластиковую арматуру 5 и исключая возможные возникновения концентраторов напряжений; обжимающие усилия контролируют при помощи откручивания или закручивания болтов 4.

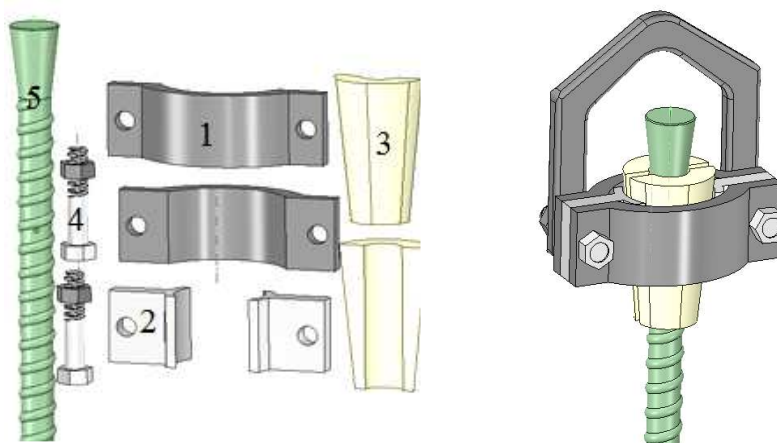


Рисунок 2. – Устройство концевой зажима стеклопластиковой арматуры

Особенность конструктивного исполнения устройства состоит в разборности элементов конструкции, что обеспечивает многократность его использования. Задача состоит в снижении затрат на производство цементно-бетонных изделий, армированных стеклопластиковой арматурой периодического профиля. Использование данного устройства позволяет повысить достоверность полученных результатов при испытании за счет отсутствия разрушения в местах зажима стержней. Кроме того, с помощью разработанного устройства возможно создание предварительного напряжения стеклопластиковой арматуры.

Методика испытания стеклопластиковой арматуры на разрыв. Определение разрывного усилия арматуры следует производить на разрывных машинах соответственно нормативным требованиям. Шкала силоизмерителя испытательной машины не должна превышать пятикратного значения разрывного усилия P_{\max} образца. Образец стеклопластиковой арматуры периодического профиля закрепляется в разрывной машине с помощью специальных захватов, которые позволяют испытывать стержни различных диаметров. При проведении испытания необходимо надежное центрирование образца и плавность нагружения. Длина рабочей зоны при испытании (расстояние между захватами или усилениями) образца должна быть не менее 200 мм. После закрепления образца в захватах машины к нему прикладывают начальную нагрузку, составляющую около 5% от ожидаемого разрывного усилия, и устанавливают измерительный прибор с базой измерения не менее 100 мм. На каждом этапе нагружения, равного $0,1P_{\text{разр.}}$, снимают отсчеты по прибору. Длительность одной ступени нагружения со снятием отсчетов должна составлять 30 секунд. Общая продолжительность испытаний от начала нагружения до разрыва образца должна составлять 5–6 минут и указываться в протоколе испытаний.

Разрыв образцов должен происходить на рабочей длине. Место и характер разрыва должны быть указаны в протоколе испытаний. Если разрыв произойдет в захватах или около них, результаты испытаний можно учитывать только в том случае, если они не ниже требуемых.

Временное сопротивление определяется исходя из площади поперечного сечения образца, рассчитанной по номинальному диаметру образца, и разрывного усилия по формуле:

$$\sigma_{\sigma} = \frac{P_{\max}}{F_c},$$

где P_{\max} – величина разрывной нагрузки в граммах; F_c – площадь поперечного сечения образца в мм^2 .

Модуль упругости определяется на участке нагружения от 0,2 до $0,5P_{\text{разр.}}$.

Относительное удлинение перед разрывом определяется исходя из показания измерительного прибора от $0,1P_{\text{разр.}}$ до $0,9P_{\text{разр.}}$ [10].

Основой для исследования деформированного и напряженного состояния конструкции на моделях является теория подобия. Моделирование направлено на решение вопроса о том, каким требованиям должна удовлетворять модель, чтобы процессы, происходящие в ней и натуральных образцах, были бы подобны. Теоретическая и практическая ценность решения этих вопросов для развития новой техники весьма велика.

Для возможности конкретного моделирования устанавливается закон подобия, который выражает зависимость между основными величинами, определяющими ход процесса в натурном объекте и модели.

На основе теории размерностей можно выявить определяющие параметры системы, что способствует строгой постановке эксперимента и правильной обработке опытных данных. Применение π -теоремы теории размерностей состоит в следующем. Пусть Y_j ($j = 1, 2, \dots, n$) – совокупность величин, определяющих некоторое явление.

Если принять в качестве основных некоторые величины X_i ($i = 1, 2, \dots, m$), то каждую из величин Y_j можно представить как функцию следующего вида:

$$Y_j = C_j X_1^{a_{1j}} \cdot X_2^{a_{2j}} \dots X_n^{a_{mj}},$$

где C_j некоторая безразмерная постоянная.

Критерии подобия (безразмерные соотношения) – произведения всех или части величин Y_j с некоторыми показателями степени z_j :

$$\pi = Y_1^{z_1} Y_2^{z_2} \dots Y_n^{z_n}.$$

Для определения π нужно вычислить неизвестные показатели степеней z_j . Безразмерность π будет достигнута, если показатели степеней при каждом X_i будут равны нулю. Таким образом, необходимо выполнение условия $AZ = 0$. Поскольку все безразмерные величины должны быть одинаковыми для модели и натурального образца, подобие системы обеспечивается при $(\pi_i)_m = (\pi_i)_n$.

Для установления закона подобия выражение, характеризующее собой исследуемое физическое явление, приводят к безразмерному виду путем введения масштабных преобразований для всех величин, в него входящих. Далее определяется условие, при котором справедливы данные масштабные преобразования, т.е. ограничивается свобода выбора масштабов с тем, чтобы рассматриваемое выражение стало безразмерным. Пусть моделируемое физическое явление выражается формулой:

$$\sigma_{\sigma} = \frac{P_{\max}}{F_c}.$$

Преобразуем это выражение к безразмерному виду.

Введем масштабные преобразования для всех величин, входящих в указанное выражение:

$$\sigma_e = \sigma_0 \bar{\sigma}, \quad P_{\max} = P_0 \bar{P}, \quad F_c = F_0 \bar{F},$$

где индексом «0» отмечены масштабы; чертой сверху – соответствующие безразмерные величины.

Для того чтобы уравнение стало безразмерным, необходимо равенство:

$$\sigma_0 = \frac{P_0}{F_0},$$

представляющее ограничение, наложенное на свободу выбора масштабов, называемое уравнением связи.

Исходя из сказанного выше, уравнение примет безразмерный вид: $\bar{\sigma}_e = \frac{\bar{P}}{\bar{F}}$ [11].

На основе этого сделан вывод, что модель необходимо загружать такими силами, которые вызовут напряжения, тождественные натурным образцам, так как площадь модели по сравнению с натурной уменьшается пропорционально квадрату масштаба линейных размеров [13]: $\left(\frac{L_n}{L_m}\right)^2 = k_1^2$.

При действии сосредоточенного груза P для тождественности напряжений в модели и натурном образце, очевидно, мы должны иметь:

$$\sigma = \frac{P_n}{L_n^2} = \frac{P_m}{L_m^2}; \quad \text{или} \quad P_m = \frac{P_n}{L_n^2 / L_m^2} = \frac{P_n}{k_1^2}.$$

То есть нагрузку на модель нужно принять в k_1 раз меньше нагрузки, действующей на натурное изделие.

Деформации модели при соблюдении тождественности напряжений и одинаковом модуле упругости в модели и натуре уменьшаются по сравнению с натурным в масштабе линейных размеров [13]:

$$\Delta l = \frac{Pl}{EF}, \quad \frac{\Delta l_n}{\Delta l_m} = \frac{P_n l_n E L_m^2}{P_m l_m E L_n^2} = \frac{k_1^2 k_1}{k_1^2}.$$

При усилении конструкций, согласно проведенным испытаниям, в расчетах принимаем следующие значения:

$E_a = 5 \cdot 10^4$ МПа – модуль упругости стеклопластиковой арматуры;

$R_a = 1250$ МПа – расчетное сопротивление стеклопластиковой арматуры.

Предельную величину предварительного напряжения в композиции стеклобетона (бетон, арматура) принимаем при условии $\sigma \leq 0,8 R_a k^{-1}$.

При переходе к безразмерному виду для модели в расчете учитываются следующие полные потери:

Первые потери σ_1 :

- от температурного перепада

$$\bar{\sigma}_{\text{тем}} = \bar{\alpha}_{\text{от}} \bar{E}_a \Delta \bar{t};$$

- от деформации анкеров, расположенных у натяжных устройств

$$\bar{\sigma}_{\text{деф}} = \frac{\bar{\lambda}_1 + \bar{\lambda}_2}{l} \bar{E}_a;$$

- от трения арматуры о поверхность конструкции

$$\bar{\sigma}_{\text{тр}} = \left(\bar{I} - \frac{I}{e^{kx} - \bar{\mu}\theta} \right).$$

Вторые потери σ_2 :

- от релаксации напряжений арматуры в водонасыщенном состоянии

$$\bar{\sigma}_{\text{рел}} = 0,16 \bar{\sigma}_0;$$

- от усадки бетона

$$\bar{\sigma}_y = 3000 \frac{\bar{E}_a}{2 \cdot 10^6};$$

- от ползучести бетона

$$\bar{\sigma}_{пол} = \frac{(\bar{\sigma}_0 - \bar{\sigma}_1) \bar{A}_a}{\bar{A}_b + \bar{\eta} \bar{A}_a} [10].$$

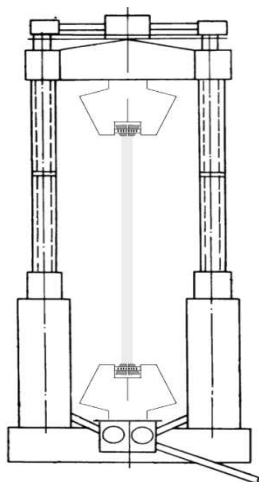
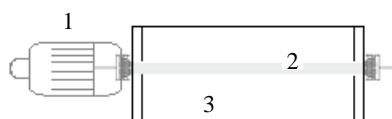


Рисунок 3. – Схема испытания стеклопластикового стержня

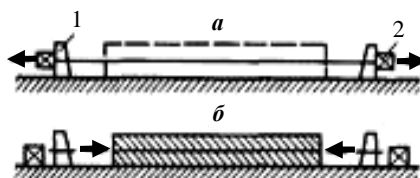
При переходе к натурному изделию суммарная величина потерь предварительного напряжения не должна превышать нормативной величины [10].

На рисунке 3 изображена схема испытания образца на разрыв, в качестве концевых зажимов использовалась разработанная модель зажима (см. рис. 2). Также с помощью разработанной модели зажима возможно создать предварительное напряжение стеклопластиковой арматуры, схематично представленное на рисунках 4, 5 [5; 6].



1 – гидродомкрат; 2 – стеклопластиковая арматура; 3 – поддон

Рисунок 4. – Схема предварительного напряжения при помощи гидродомкрата



1 – упор; 2 – домкрат
а – натяжение арматуры и бетонирование элемента;
б – готовый элемент

Рисунок 5. – Схема предварительного напряжения на упорах

Заключение. Анализируя кинетику разрушения волокнистых композитов с упругопластической матрицей можно констатировать, что причиной разупрочнения деформируемых сред является деструкция различной природы, в частности, разрушение отдельных элементов структуры (волокон или слоев), фазовые превращения и динамическая рекристаллизация.

Численные методы моделирования позволяют представить среду в виде системы дискретных элементов и рассматривать диссипативные процессы как пошаговые повреждения структуры модели с учетом существенного неоднородного распределения структурных напряжений и деформаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов, Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции / Н.П. Фролов. – М. : Стройиздат, 1980. – 104 с.
2. Сопротивление стеклопластиков / В.Л. Бажанов [и др.]. – М. : Химия, 1968. – 304 с.
3. Галкин, И.С. О влиянии конструкции арматурного каната на его сцепление с бетоном / И.С. Галкин // Новые виды арматуры : сборник. – М. : Стройиздат, 1964. – 136 с.
4. Полилов, А.Н. Неупругие свойства композиционных материалов / А.Н. Полилов // Новое в зарубежной науке. Механика. Вып. 16. – М. : Мир, 1978. – 296 с.
5. Богословский, В.Н. Строительная физика / В.Н. Богословский. – 2-е изд., перераб и доп. – М. : Высш. школа, 1982. – 415 с.
6. Михайлов, К.В. Проволочная арматура для предварительно напряженного железобетона / К.В. Михайлов. – М. : Металлургия, 1979. – 240 с.
7. Полилов, А.Н. Критерии прочности полимерных волокнистых композитов, описывающие некоторые экспериментально наблюдаемые эффекты / А.Н. Полилов, Н.А. Татусь // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2008. – № 3. – С. 103–110.

8. Соломатов, В.И. Элементы общей теории композитных строительных материалов / В.И. Соломатов // Изв. Вузов. Сер. Стр-во и архитектура. – 1980. – № 8. – С. 61–70.
9. Соломатов, В.И. Полиструктурная теория композиционных строительных материалов / В.И. Соломатов // Новые композиционные материалы в строительстве : науч. тр. / Саратов. политехн. ин-т; под ред. В.И. Соломатова. – Саратов, 1981. – С. 5–9.
10. Арматура стеклопластиковая СПА-6 / Государственный комитет Белорусской ССР по делам строительства. Технические условия : ТУ 7 БССР I-81.
11. Питлюк, Д.А. Расчет строительных конструкций на основе моделирования / Д.А. Питлюк. – Л., М. : Стройиздат, 1965. – 154 с.
12. Испытание сооружений : справ. пособие / Ю.Д. Золотухин [и др.]. – Минск : Выш. школа, 1992. – 272 с.
13. Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона арматуры и железобетонных конструкций : тр. координационного совещания / Науч.-исслед. ин-т бетона и железобетона (Москва) ; ред. В.В. Макаревича. – М., 1962. – 236 с.
14. Способ изготовления композитной арматуры периодического профиля : полож. реш. пат. Респ. Беларусь, МПК Е 04 С 5/07, В 29 С 55/30, В 29 С 53/26 / Н.Н. Попок, Д.Н. Шабанов, О.А. Ерошова, Е.А. Менжинский ; заявитель Полоц. гос. ун-т. – № а20130798 ; заявл. 2013.06.24.
15. Рекомендации по расчету конструкций со стеклопластиковой арматурой / НИИЖБ. Ин-т стр-ва и архитектуры Госстроя БССР. ИС и А. – М. : [б. и.], 1978. – 22 с.
16. Бетонные и железобетонные конструкции : СНиП 52-01-2003. – Введ. постановлением Гос. ком. Рос. Федерации по стр-ву и жилищно-коммунальному комплексу от 30.06.2003 № 127. – М. : ФГУП ЦПП, 2004.

Поступила 24.11.2016

THE MODELLING METHOD AND PROTOTYPING AS ONE OF THE MOST RELEVANT, OBJECTIVE AND RELIABLE METHODS FOR SCIENTIFIC RESEARCH

D. SHABANOV, E. ZIABKIN, E. TRAMBITSKIY

The paper presents the possibility of using the technique of rapid prototyping, 3D printing method based on additive technologies. The resulting product, according to the three-dimensional structures of production technology, allows obtaining the characteristics of the stress and strain state, as well as going to the characteristics of natural products, as model can be manufactured as a plastic or fibreglass. Using the simulation method has become a characteristic feature of science. Given this fact, it seems appropriate to consider the problem of the relationship of this method and the various sciences in order to find the most adequate, objective and reliable foundation of scientific research. The paper presents the possibility of applying a fiberglass reinforcement in monolithic products.

Keywords: 3D model, modeling, modeling, rapid prototyping.