

2. Череповицын А.Е., Маринина О.А. Методические подходы к экономической оценке проектов повышения нефтеотдачи на основе закачки CO<sub>2</sub> // Записки Горного института. – 2011. – № 194. URL: <https://pmi.spmi.ru/index.php/pmi/article/view/6210/4118> (Дата обращения: 23.04.2022).

3. Cherepovitsyn A., Ilinova A. Ecological, economic and social issues of implementing carbon dioxide sequestration technologies in the oil and gas industry in Russia // Journal of Ecological Engineering. – 2016. – № 2 (17). – С. 19–23.

4. Jiang J. et al. An integrated technical-economic model for evaluating CO<sub>2</sub> enhanced oil recovery development // Applied Energy. 2019.

5. Massarweh O., Abushaikha A. S. A review of recent developments in CO<sub>2</sub> mobility control in enhanced oil recovery // Petroleum. 2021.

6. Tang Y. et al. Review on Pore Structure Characterization and Microscopic Flow Mechanism of CO<sub>2</sub> Flooding in Porous Media // Energy Technology. – 2021. – № 1 (9).

7. Wei B. et al. Interactions and phase behaviors between oleic phase and CO<sub>2</sub> from swelling to miscibility in CO<sub>2</sub>-based enhanced oil recovery (EOR) process: A comprehensive visualization study // Journal of Molecular Liquids. – 2017. (232). – P. 277–284.

УДК 69.05

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ MODELING AS A BASIS OF TECHNOLOGICAL EDUCATION

Медведев Л.Ю., ассистент, кафедра «ГиСМ», Белорусский национальный  
технический университет, sm@bntu.by  
Medvedev L.U., assistant, department “G&SM”, Belarusian National  
Technical University, sm@bntu.by

**Аннотация.** В работе предложен вариант наглядного обучения студентов строительных специальностей практическим основам проектирования, производства конструкций, организации работ, связанных с армированием, опалубкой, бетонированием конструкции. В современном процессе обучения студентов моделирование конструкций применяется крайне редко, в основном на стадии дипломного проектирования. Можно, воспользовавшись «миниатюрными аналогами», создать модель конструкции с армированием, бетоном, опалубкой, которыми будут являться проволока различного диаметра, соответствующего эквиваленту реальным арматурным элементам, непосредственно бетон, и тонкий шпон.

**Ключевые слова:** модель, обучение, строительство, конструкция, арматура, бетон, опалубка.

**Abstract.** In this work there is a suggested variant of demonstrative teaching of students with civil engineering specializations of practical design fundamentals, constructions production, projects organizing regarding reinforcement, formwork, construction concreting. In modern students' education process application of constructions' modeling is extremely rare, mostly during the diploma designing phase. By means of “miniatures analogs” it is possible to create a construction model with fittings, concrete, formwork, which are wires of different diameters, concrete, and thin wood veneer.

**Key words:** model, teaching, civil engineering, building, construction, fittings, concrete, formwork.

**Введение.** С быстрым развитием технологий и разным восприятием информации разных поколений (X, Y, Z) у студентов есть проблема с концентрацией внимания, которая у поколения Z (рожденные после 2000-го года) составляет около 8 секунд [1].

В связи с этим ранее предложенный вариант эффективного обучения студентов с помощью мультипликаций эффективен только в некоторых областях специализированных дисциплин [2].

**Основная часть.** Моделирование как основа технологического образования.

В современном учебном процессе студент все чаще выполняет расчеты по шаблону, не задумываясь о практической стороне вопроса, при применении компьютерного моделирования практическая сторона вопроса встает острее, но в таком случае возникает необходимость наличия характеристик, и физико-механических свойств материалов. При компьютерном моделировании конструкции расчет расходится с реальным расчетом [3].

Для качественной подготовки студентов строительных специальностей к будущей работе в условиях строительных площадок, на предприятиях строительной отрасли предлагаю детально рассмотреть конструкционные особенности наиболее часто встречающихся конструкций. Исходя из этого, производить построение реальных моделей в меньшем масштабе, сохраняя принципиальные и наиболее эффективные особенности их армирования, бетонирования.

Рассмотрим на примере балки пролетных строений мостов, длиной 24 метра (рис. 1) [4].



Рис. 1. Рассматриваемая конструкция

Действительная длина балки является 24 метра, при создании модели ее длина будет около 1 метра, размеры всех элементов конструкции уменьшаются эквивалентно, то есть в 24 раза. При необходимости размер конструкции можно уменьшить еще больше.

При создании армирования модели можно применить проволоки соответствующего, уменьшенного размера, а также связывание арматурных элементов, так как это применяется на практике, наряду со сваркой элементов [5].

Для опалубки можно применять тонкий шпон, а для бетонирования использовать цемент соответствующего класса, заполнители, эквивалентные реальным, в меньшем масштабе, то есть если это был кубовидный щебень 2,5 см, то это будут кубики с длиной грани 1 мм.

Для расчета и оптимизации состава бетона можно использовать вычислительный комплекс «Технолог» (ВКТ) [6], а после изготовить образцы с действительным составом бетона, и эквивалентно принятым для модели, для сравнения физико-механических свойств. После чего определить соотношение прочности образцов, а позже внести соответствующие правки в расчет конструкции.

Для твердения конструкции можно использовать соответствующие условия твердения, но при определенных условиях это будет проблематично, скажем при автоклавном твердении [7].

**Заключение.** Предложенный способ обучения студентов путем моделирования конструкций повысит уровень подготовки кадров.

Изготовленные образцы-модели можно будет нагружать, соответствующими нагрузками, приближенными к реальным, при возможности используя специальные устройства контроля.

В перспективе можно будет использовать конструкции в грунте, соответствующему характерным условиям площадки строительства.

Для ведения соответствующих дисциплин в учебный процесс Белорусский национальный технический университет можно создать межкафедральную лабораторию, которая будет совмещать такие кафедры как «Геотехника и строительная механика», «Строительные конструкции имени доктора технических наук, профессора Т.М. Пецольда», «Строительные материалы и технология строительства».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Восприятие информации разными поколениями XYZ / Т. Кашеева [Электронный ресурс] . – Режим доступа: hubspeakers.ru. – Дата доступа: 17.11.2022.
2. Медведев, Л. Ю. Эффективный вариант использования ресурсов библиотеки в процессе обучения студентов / Л. Ю. Медведев // Инновационный менеджмент в развитии современной университетской библиотеки: материалы Респ. науч.-практ. конф., посвящ. 120-летию со дня рождения Новикова Демьяна Романовича – директора библиотеки академии с 1920 по 1975 гг. / редкол.: П. А. Саскевич, Л. И. Кухарева, Г. Е. Медведева. – Горки: БГСХА, 2017. – С. 52–54.
3. Способы конечно-элементного моделирования армированных конструкций / С. А. Матвеев, Е. А. Мартынов // вестник СибАДи. – Омск. – Вып. 4 (38). – 2014. – С. 77–83.
4. Проект завода железобетонных изделий для транспортного строительства, производительностью 90 тыс. м<sup>3</sup> бетона в год, с разработкой технологии изготовления балок пролетных строений мостов со смешанным армированием: дипломная работа / Белорусский национальный технический университет, кафедра «Строительные материалы и технология строительства», Л. Ю. Медведев. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2021. – 171 с.
5. Возведение строительных конструкций зданий и сооружений: СН 1.03.01-2019/РУП «СТРОЙТЕХНОРМ». – Минск, 2020. – 129 с.
6. Вычислительный комплекс «Технолог» (ВКТ). Свидетельство о регистрации компьютерной программы № 016. Запись в Реестр служебных компьютерных программ 15.10.2020.
7. Технология производства железобетонных изделий: учебное пособие / Э. И. Батяновский. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 319 с.: ил.

УДК 69:504.05

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ЗЕЛЕННЫХ» ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES OF “GREEN” BUILDINGS AND STRUCTURES**

Николаевич В.Л., студент, Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь, 20nkvlr02@gmail.com

Сидорская Н.В., научный руководитель, старший преподаватель, Белорусский  
национальный технический университет, г. Минск, nvsmink@gmail.com

Nikolaevich V.L, student, Belarusian National Technical University Minsk, Republic  
of Belarus, 20nkvlr02@gmail.com

Supervisor: Sidorskaya N.V., senior lecturer, Belarusian National Technical University,  
Minsk, Republic of Belarus, nvsmink@gmail.com

**Аннотация.** С годами забота об окружающей среде и поиск технологий, которые способствуют устойчивому развитию, усилились. Это побудило компании строитель-