

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

УДК 666.97+004

ОГЛЯД СУЧАСНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ТЕХНОЛОГІЇ БЕТОНУ

Д-р фіз.-мат. наук Н.Д. Сізова, кандидати техн. наук І.А. Міхеєв, О.А. Калінін, асп. Ант.А. Пługін

ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА

Д-р физ.-мат. наук Н.Д. Сизова, кандидаты техн. наук И.А. Михеев, О.А. Калинин, асп. Ант.А. Плугин

REVIEW OF MODERN SOFTWARE SOLUTIONS FOR CONCRETE TECHNOLOGY

Doct. of phys.-math. sciences N. Sizova, PhD I. Mikheev, PhD O. Kalinin, Postgraduate Ant. Plugin

Сучасний рівень розвитку технологій бетону вимагає застосування інформаційних систем і систем штучного інтелекту при розв'язанні низки складних задач. Статтю присвячено питанням використання програмного забезпечення для розв'язання задачі проектування складу бетону.

Ключові слова: програмне забезпечення, інтерфейс користувача, проектування складу бетону.

Современный уровень развития технологий бетона требует применения информационных систем и систем искусственного интеллекта при решении ряда сложных задач. Статья посвящена вопросам применения программного обеспечения для решения задачи проектирования состава бетона.

Ключевые слова: программное обеспечение, интерфейс пользователя, проектирование состава бетона.

Information technology can combine a large number of existing knowledge, data, and models of concrete science. The introduction of modern systems of automation and computerization into technological processes should include the use of modern software. Analysis of the application of modern information technologies has shown that there is an active development and improvement of already developed programs, as well as the emergence of a new format software – an online service (web-application) for concrete mix design. Analysis also shows that most of the methods and algorithms do not solve the problem of designing contemporary issues of concrete for special structures. The result of analysis software allowed to generalize and to form requirements for the functionality of a computer program developed by the authors. Software «PSB Ukrdazt» is designed for a wide range of technological community, above all the workers of the building organizations and enterprises specialized in producing of concrete and products from it, including factories of concrete products, ready-mixed concrete producers, as well as researchers and students of universities.

Keywords: software, user interface, concrete mix design.

Вступ бетонної суміші, вибору виду та
Рішення більшості завдань управління концентрації добавки, управління ходом
виробництвом бетону: підбору складу

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

технологічного процесу та ін. – приймаються, як правило, на основі евристичних знань оператора-технолога, який спирається на свій досвід і професійну майстерність. Об'єднання великої кількості наявних знань, даних та моделей в області бетонознавства і виробництва бетонних сумішей можливо за допомогою інформаційних технологій, тому впровадження сучасних комплексів автоматизації та комп'ютеризації технологічних процесів повинно передбачати використання сучасних інформаційних систем обробки даних та інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень [1].

Застосування апарату експертних систем при виробництві бетону дозволить істотно допомогти оператору-технологу в рішенні слабоформалізованих задач, які виникають в процесі прийняття управлінських рішень [2-7]. Перевага використання систем штучного інтелекту (експертних систем) перед традиційними системами управління полягає в тому, що вони спираються на багаторічний досвід роботи не одного, а декількох експертів, містять у собі знання, підкріплені нормативно-технічною документацією, а також вони інваріантні до людських факторів.

Метою роботи є розробка структури та інтерфейсу користувача комп'ютерної програми для визначення складу бетону. Виходячи з поставленої мети, сформульовані наступні задачі дослідження: аналіз сучасного стану проблеми застосування інформаційних технологій для розв'язання задачі проектування бетону, визначення сильних та слабких сторін кожного з наданих програмних засобів, формування списку вимог до комп'ютерної програми, що розробляється.

Аналіз інформаційних систем

Аналіз застосування сучасних інформаційних технологій для визначення складу бетону із заданими властивостями показав, що відбувається активний розвиток

та вдосконалення вже розроблених програм [8], а також появу нового формату програмного забезпечення – он-лайн сервіс (web-додаток) для визначення складу бетону.

Програма «ФоБеС-01» [9], розроблена Лихачовим Д.В., служить для проектування складів бетонних сумішей з використанням нечіткої логіки і включає в себе три модулі: проектування складу, прогнозування властивостей бетонної суміші та корекція складу.

Комп'ютерна система управління складами бетонної суміші (КСУБС 6.3) [10], розроблена Большаковим В.І. і Дворкіним О.Л., здійснює проектування базових складів бетонної суміші (рис. 1). Комп'ютерна програма має три різномовні версії з інтерфейсом на українській, російській та англійській мовах.

Прикладна комп'ютерна програма «Состав» розроблена в Інституті хімії і технології рідкісних елементів і мінеральної сировини ім. І.В. Тананаєва [8], призначена для формування бази даних, автоматизації розрахунків і аналізу інформації з метою прийняття обґрунтованого рішення при оптимізації складів і властивостей композиційних матеріалів. Із запропонованого переліку матеріалів формується таблиця умовно-постійних значень для одного або серії складів.

Програма «Concrete 2.0», розроблена Федосовим С.В., Акуловой М.В., Базановим С.М. і Тороповой Н.В., призначена для визначення складу важкого і дрібнозернистого бетонів, оцінки однорідності їх міцності і техніко-економічної ефективності. У даній програмі передбачена можливість проектування складу з добавкою пластифікатором (рис. 2).

Комп'ютерна програма «ПСБ-УкрГАЗТ 1.3» розроблена в Українській державній академії залізничного транспорту і дозволяє визначати склад бетону за заданими характеристиками зручноукладності, проектної міцності, морозостійкості і водонепроникності на основі авторської методики Пługіна А.Н.,

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

Плугіна А.А., Калініна О.А. [11]. В програмі реалізовано облік багатьох стандартних рецептурно-технологічних факторів, типів використовуваних в'язучих речовин, наповнювачів, а також умов експлуатації конструкції. В програмі реалізована

можливість порівняння результатів проектування складів бетону із стандартною методикою «НИИЖБ». Комп'ютерна програма «ПСБ-УкрГАЗТ 1.3» має два інтерфейси: україномовний та російськомовний (рис. 3).

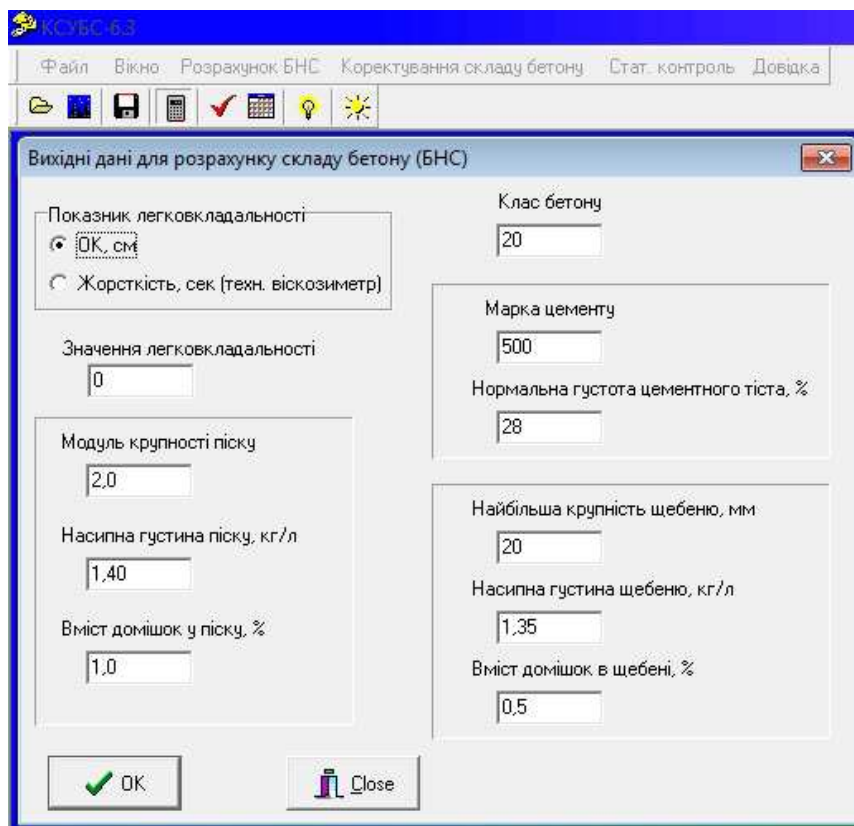


Рис. 1. Інтерфейс користувача комп'ютерної програми КСУБС

Комп'ютерна програма «Concrete Design» розроблена у Харківському національному університеті будівництва та архітектури дозволяє вирішити задачу проектування складу бетону із заданими властивостями [12]. Алгоритм програми побудовано на методі розв'язання задачі умовної оптимізації (комплексний метод Бокса) та включає експериментально-статистичні залежності властивостей бетону та бетонної суміші від рецептурно-технологічних факторів. (рис. 4). Комп'ютерна програма «Concrete Design» дає можливість зберігати дані про різні складові матеріали, накопичувати та використовувати їх в процесі розрахунку складу бетону. Також доступне варіантне

проектування для вибору певних складових матеріалів з множини допустимих варіантів.

Програма «БЕТОН v.3.1», розроблена польськими вченими в Інституті основних проблем техніки Польської академії наук, складається з декількох основних модулів: картотеки, що описують характеристики конструкції з бетону, склад якого необхідно спроектувати, картотеки, що описують вимоги до бетону, показники властивостей складових бетон матеріалів (цементу і заповнювачів) [13].

Програмний комплекс «Concrete Quality» (Іспанія-США) є багатофункціональним програмним забезпеченням для лабораторій, що виконують дослідження будівельних

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

матеріалів. Програма має декілька модулів, у тому числі модуль «Mix Designs», що відповідає за проектування складу бетону. Для визначення складу бетону необхідно внести в базу даних інформацію щодо складових матеріалів та їх характеристик, обрати проектні характеристики бетону та

методологію визначення бетону. Весь процес проектування є інтерактивним та супроводжується графічними підказками. Програма підтримує операційні системи останніх поколінь, у тому числі Windows 8 (рис. 5).

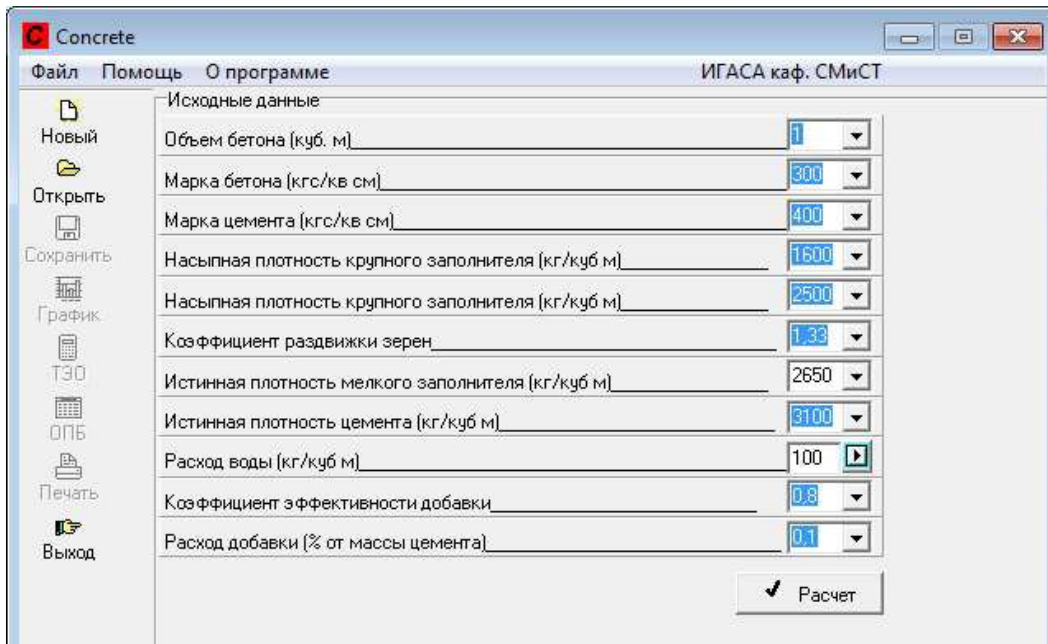


Рис. 2. Інтерфейс користувача комп'ютерної програми Concrete 2.0

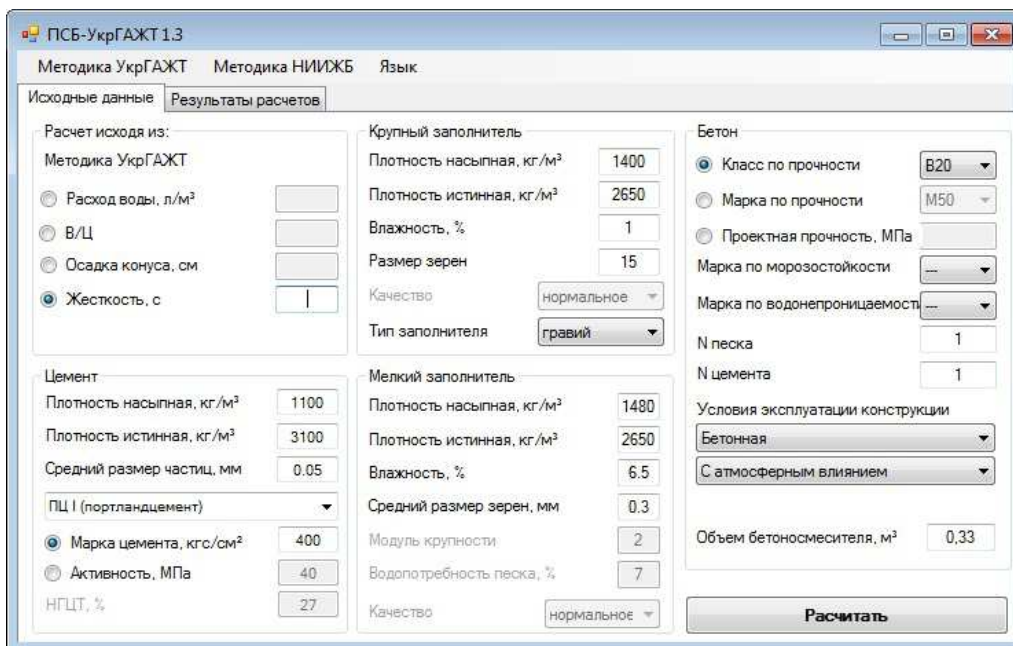


Рис. 3. Інтерфейс користувача комп'ютерної програми «ПСБ-УкрГАЗТ 1.3»

Важливо відзначити необхідність встановлення додаткового програмного забезпечення Microsoft .Net v 4.0, Microsoft SQL Server Compact, а також реєстрації на сервері розробників.

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

Рис. 4. Інтерфейс користувача комп'ютерної програми «Concrete Design»

Широке застосування Web-технологій, можливість розробки Back-End додатків великої складності дозволяють створювати програми проектування складу бетону, що можуть працювати у браузері на комп'ютерах, підключених до всесвітньої мережі Internet. Більшість сервісів надають звичайні рецептури заздалегідь визначених складів бетонів. Однак є сервіси, що дозволяють враховувати характеристики складових матеріалів та деякі технологічні особливості.

Сервіс «Он-лайн расчет и проектирование технологических карт» ООО «Категис» дозволяє користувачу проектувати склади бетону використовуючи лише браузер без встановлювання будь-якого додаткового програмного забезпечення. Програма дозволяє враховувати основні характеристики

складових матеріалів, у тому числі і вартість (рис. 6).

Web-додаток для розрахунку складу бетону «RUKAMEN.RU» дозволяє враховувати не тільки властивості складових матеріалів, але і характеристики конструкції, для якої склад проектується. Програма дозволяє проектувати склади бетону із застосуванням пластифікаторів та повітровтягуючих добавок (рис. 7).

Основна перевага он-лайн сервісів – доступність з будь якої точки підключення до мережі Internet є одночасно і основним недоліком, так як більшість виробничих ліній не мають такого підключення.

Проведений аналіз свідчить про те, що за всіх переваг багато методів не вирішують сучасних питань задачі проектування складу бетону для конструкцій і споруд залізниць, що характеризується вимогами забезпечення

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

спеціальних властивостей бетону. Також необхідно відмітити, що незважаючи на велику кількість різновидів програмного забезпечення для розв'язання задачі проектування складу бетону всі вони

різняються за своїми функціональними можливостями, вирішують питання проектування складу бетону, не враховуючи множини рецептурно-технологічних факторів та критеріїв ефективності.

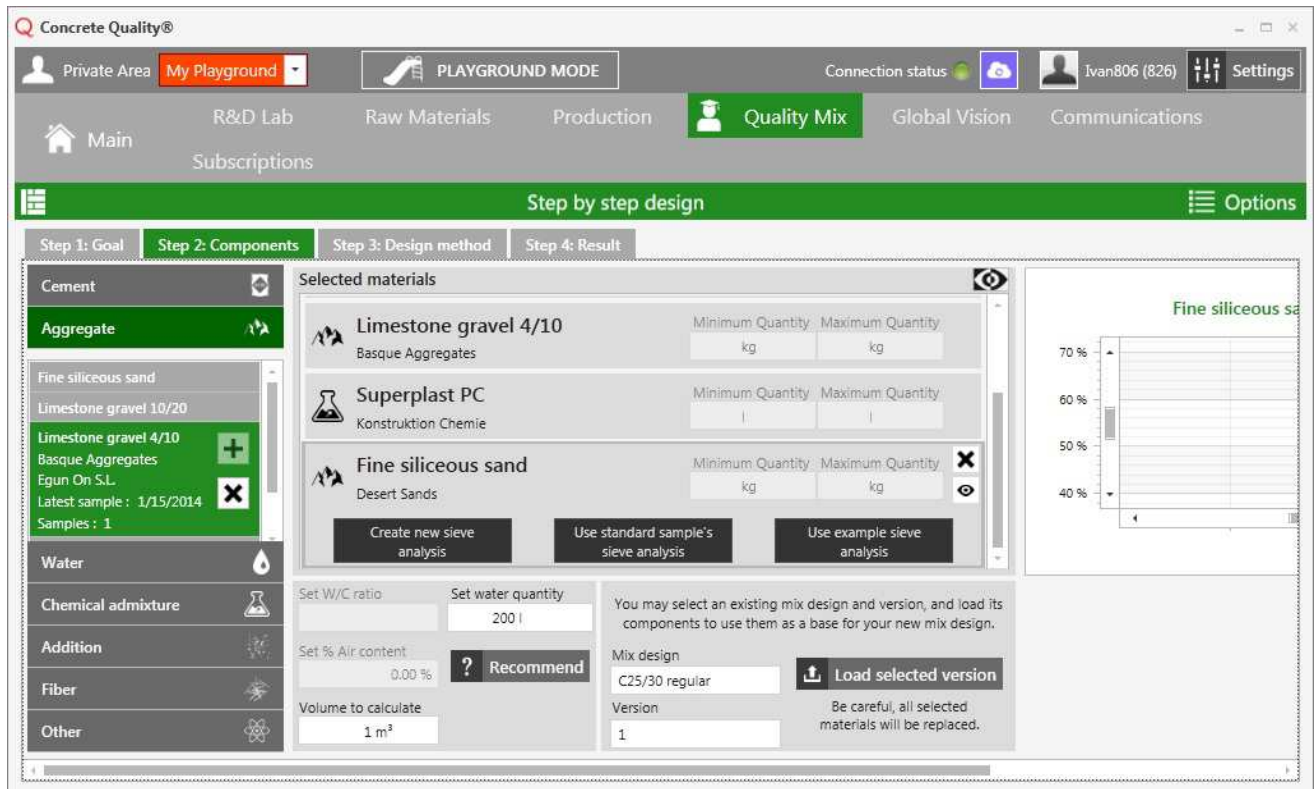


Рис. 5. Інтерфейс користувача комп'ютерної програми «Concrete Quality»

Результат аналізу програмних продуктів дозволив узагальнити і сформулювати вимоги до функціональних можливостей розробленої комп'ютерної програми:

- можливість роботи під різними операційними системами;
- самодостатність, тобто не вимагати встановлення на комп'ютері користувача додаткового програмного забезпечення;
- можливість налаштування інтелектуальної системи на різний рівень підготовки користувача (студент, спеціаліст-практик, дослідник);
- наявність розвинутого графічного інтерфейсу користувача;
- можливість формування звітної документації у форматі текстових редакторів з можливістю подальшого корегування;

– можливість оперативного зворотного зв'язку з розробником системи (режим електронної пошти);

- забезпечення прийнятної компактності програмного забезпечення;
- забезпечення мультимовності інтерфейсу.

Основний матеріал

В ході виконання комплексного наукового проекту: «Розвиток теоретичних та експериментальних основ визначення складів водонепроникного тріщиностійкого бетону для конструкцій і споруд залізниць» та підтеми комплексного наукового проекту «Створення прототипу інтелектуальної системи управління складом і властивостями бетону для конструкцій і споруд залізниць» колективом авторів Української державної академії залізничного

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

транспорту та Харківського національного університету будівництва та архітектури створено концептуальну модель експертної системи визначення складу бетону із заданими властивостями на основі побудованих математичних моделей та алгоритмів розв'язання задачі проектування складу бетону та комп'ютерну програму «ПСБ УкрДАЗТ», що дозволяє проектувати

склади важких цементних бетонів із заданими властивостями, основне призначення якої використання у вигляді автономної комп'ютерної програми, а також у складі комплексу автоматизованих систем управління виробництвом бетонних сумішей, бетонних і залізобетонних виробів [14] (рис. 8).

The screenshot shows a web application titled "Онлайн-расчет количества и стоимости материалов". It is divided into several sections:

- Параметры бетона:** Includes "марка бетона" (M250) and "объем бетона" (1 м³).
- Стоимость материалов:** Lists prices for "песок" (500 руб/м³), "щебень, гравий" (1200 руб/м³), and "цемент" (3400 руб/т).
- Сделать расчет:** A green button to initiate the calculation.
- Дополнительные параметры для расчета:** A detailed form with four sub-sections:
 - Бетон/бетонная смесь:** Includes "назначение" (другое), "класс бетона" (B20,0), "удобоукладываемость" (П2), and "объем выхода бетономешалки" (150,0 л).
 - Песок:** Includes "модуль крупности" (2,0), "примеси" (1,0 %), "влажность" (3,0 %), "насыпная пл" (1,56 гр/см³), and "истинная пл" (2,61 гр/см³).
 - Крупный заполнитель:** Includes "тип" (щебень), "крупность" (5-20), "примеси" (0,2 %), "влажность" (1,0 %), "насыпная пл" (1,56 гр/см³), and "истинная пл" (2,68 гр/см³).
 - Цемент:** Includes "марка" (ПЦ 400), "активность" (400 кгс/см²), "насыпная пл" (1,1 гр/см³), "истинная пл" (3,11 гр/см³), and "нормальная плотность" (27,0 %).

Рис. 6. Web-додаток для розрахунку кількості і вартості матеріалів у бетоні із заданими властивостями

Комп'ютерна програма «ПСБ УкрДАЗТ» має декілька функцій, основна з яких визначати дозування складових матеріалів виходячи з їх характеристик та проектних властивостей бетонної суміші та бетону в певному віці, що істотно спрощує завдання прийняття рішень в нестационарних лабораторних і виробничих умовах [15].

Інтерфейс користувача розроблено із забезпеченням принципів комфортності використання, високої функціональності та підтримки користувача на всіх етапах використання розв'язання поставленої задачі.

Для кожного поля вводу, в яке користувач може помилково ввести неприпустимі значення, в кодї програми закладено інтервал/список можливих значень, а модуль виправлення помилок в коректній формі виводить повідомлення із рекомендованими значеннями. Пріоритетність результатів розробки комп'ютерної програми «ПСБ УкрДАЗТ» оформлено у вигляді авторського свідоцтва.

Комп'ютерна програма «ПСБ УкрДАЗТ» призначена для широкого кола технологічної спільноти, перш за все робітників будівельних організацій і підприємств, що спеціалізуються на

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

виробництві бетону й виробів з нього, включаючи заводи ЗБВ, виробників товарного бетону, а також наукових співробітників і слухачів ВНЗів. Використання комп'ютерної програми дозволяє підвищити продуктивність праці,

культурний рівень прийняття рішень, знизити матеріалоємність виробництва та отримати економічний ефект шляхом проектування та оперативного корегування складів бетону в залежності від змін рецептурно-технологічних параметрів.

The screenshot shows the web interface of the RUKAMEN.RU application. At the top, the title reads "RU KAMEN.RU - расчет состава бетонной смеси". Below the title is a warning box in Russian: "Данная программа по расчету состава цементобетонных смесей предназначена для работников строительных лабораторий и студентов строительных специальностей. Для использования данной программы пользователь должен обладать знаниями о назначении и физико-механических свойствах получаемого бетона и его составляющих. Инструкция по работе с программой". The main interface consists of several input fields and dropdown menus:

- Назначение бетона: Фундамент
- Класс бетона: В25
- Коэффициент вариации прочности: 13,5
- Тип конструкции: Железобетонная и тонкостеная
- Тип бетона: Подземный
- Морозостойкость: F100
- Марка бетонной смеси по удобоукладываемости: П4
- Нормальная плотность цемента: 27
- Прочность (активность) цемента, МПа: 40
- Насыпная плотность цемента, кг/л: 1,8
- Истинная плотность цемента, кг/л: 3,1

Рис. 7. Web-додаток для розрахунку складу бетону «RUKAMEN.RU»

Висновок

Проведений аналіз сучасних програмних продуктів для розв'язку задачі проектування складу бетону показав шляхи його удосконалення і покращення. На основі цього сформовано ряд вимог до майбутньої комп'ютерної програми. Розроблено прототип інтелектуальної системи для визначення складу і управління властивостями бетону у вигляді комп'ютерної програми. Розроблено структуру та кросплатформний інтерфейс

користувача. Застосування комп'ютерної програми на виробництві бетонних/залізобетонних виробів забезпечить оператору-технологу можливість ефективно і максимально зручно керувати якістю продукції, дозволить приймати раціональні рецептурно-технологічні рішення для конкретної виробничої ситуації в умовах невизначеності та при достатньо жорстких вимогах до ресурсозбереження.

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

Рис. 8. Інтерфейс користувача комп'ютерної програми «ПСБ УкрДАЗТ»

Список використаних джерел

1. Сизова Н.Д., Михеев И.А. Алгоритм решения задачи проектирования состава бетона методами математического планирования эксперимента // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Х.: ЕЕJET, 2010. – №2/6 (44). – С. 8-10.
2. Большаков В.И., Дубров Ю.И., Ткаченко А.Н., Ткаченко В.А. Экспертные системы как один из эффективных методов решения численно-неприводимых задач материаловедения // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2007. – Ч. 2 № 42. – С. 3-6.
3. Дубницкий В.Ю., Чернявский В.Л. Макет экспертной системы по выбору состава композитов и его модификаторов // Тезисы докладов научно-технического семинара «Компьютерный поиск оптимальных модификаторов качества композитов». Киев.: Знание, 1992. – 20 с.
4. Петрова Е.А., Михеев И.А. Практика разработки и внедрения экспертной системы в производстве бетонных изделий // Наук. вісн. будівництва. – Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – Вип. 43. – С. 242-244.
5. Gonzalez A.J., Dankel D.D. The Engineering of Knowledge-Based Systems Theory and Practice. - New Jersey: Prentice-Hall, Incorporated, Englewood Cliffs, 1993. – 523 p.
6. Kaetzel L.J., Clifton J.R. Expert/ Knowledge Based Systems for Materials in the Construction Industry: State-of-Art Report. – Washington: SHRP NAS, 1993. – 36 p.

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

7. Users Guide to the Highway Concrete (HWYCON) Expert System. Strategic Highway Research Program, SHRP-C-406. – Washington DC: SHRP NAS, 1994. – 30 p.
8. Латорец Е.В., Михеев И.А. Анализ применения современных информационных технологий для решения задач производства товарного бетона // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: ЕЕJET, 2011. – №3/9 (45). – С. 4-6.
9. Лихачев Д.В. Автоматизация процесса проектирования составов бетонных смесей и их корректировки на основе прогнозирования качества будущего бетона с использованием четких и нечетких моделей: автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук – Специальность 05.13.06. – Орел, 2004. – 18 с.
10. Дворкин О.Л. Многопараметрическое проектирование составов бетонов. – Ровно: РГТУ, 2001. – 121 с.
11. Спосіб визначення складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону. А.М. Плугін, О.А. Калінін, С.В. Мірошніченко, А.А. Плугін та ін.. Патент України №62613 UA. публ. 15.06.2005. Бюл. №6.
12. Міхєєв І.А. Комп'ютерна програма «Concrete Design». А.с. 39817 Україна. – Опубл. 30.08.2011.
13. Sliwinski J. Beton zwykly – projektowanie i podstawowe wlastiwosci. – Krakow: Polski Cement Sp. z o.o., 1999. – 164 s.
14. Сизова Н.Д., Михеев И.А. Особенности создания программного обеспечения для проектирования состава бетона // Восточно-европейский журнал передовых технологий, 2013, № 6/2(66)– С. 27-31.
15. Сизова Н.Д., Плугин А.А., Калинин О.А., Михеев И.А. Физическое и математическое моделирование в задаче проектирования состава бетона // Моделирование и оптимизация композитов: Материалы к международному семинару, посвященному 80-летию В.А. Вознесенскому (Одесса, 22-23 апр. 2014). – Одесса: Астропринт, 2014. – С. 90-94

Сізова Наталія Дмитрівна, д-р фіз.-мат. наук, професор, кафедра економічної кібернетики та інформаційних технологій, Харківський національний університет будівництва та архітектури. Тел.: (057) 706-20-49. E-mail: sizova@ukr.net

Міхєєв Іван Андрійович, канд. техн. наук, кафедра економічної кібернетики та інформаційних технологій, Харківський національний університет будівництва та архітектури. Тел.: (057) 706-20-49. E-mail: i.a.mikheev@gmail.com

Калінін Олег Анатолійович, канд. техн. наук, доцент, кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-68. E-mail: oleg.kalinin.63@mail.ru

Плугін Антон Андрійович, аспірант, кафедра штучного інтелекту, Харківський національний університет радіоелектроніки. Тел.: (057) 702-13-37. E-mail: anplug@gmail.com

Sizova Nataliya, doct. of phys.-math. sciences, professor, department of economic cybernetics and information technologies, Kharkiv National University of Construction and Architecture. Tel.: (057) 706-20-49. E-mail: sizova@ukr.net

Mikheev Ivan, cand. of techn. sciences, department of economic cybernetics and information technologies, Kharkiv National University of Construction and Architecture. Tel.: (057) 706-20-49. E-mail: i.a.mikheev@gmail.com

Kalinin Oleg, cand. of techn. sciences, docent, department of building materials, structures and facilities Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-68

Plugin Anton, postgraduate, department of artificial intellect, Kharkiv National University of Radioelectronics. Tel.: (057) 702-13-37. E-mail: anplug@gmail.com

Стаття прийнята 25.05.2015 р