

**А. А. Жешко, А. В. Ленский, В. И. Володкевич, А. В. Шах**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь  
E-mail: azeshko@gmail.com*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПАРКА МОБИЛЬНЫХ КОРМОУБОРОЧНЫХ МАШИН**

*Аннотация.* Представлены результаты проектирования приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин.

*Ключевые слова:* тяговое сопротивление, комплектование машинно-тракторных агрегатов, автоматизированная система, функциональная и информационная модель.

**A. A. Zheshko, A. V. Lenski, V. I. Volodkevich, A. V. Shah**

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”  
Minsk, Republic of Belarus  
E-mail: azeshko@gmail.com*

## **RESULTS OF DESIGNING AN APPLICATION FOR AUTOMATED FORMATION OF THE STRUCTURE OF A FLEET OF MOBILE FORAGE HARVESTING MACHINES**

*Abstract.* The results of designing an application for the automated formation of the structure of a fleet of mobile forage harvesting machines are presented.

*Keywords:* traction resistance, acquisition of machine-tractor units, automated system, functional and information model.

### **Введение**

При формировании рациональной структуры парка кормоуборочной техники необходимо учитывать природно-климатические факторы, особенности размещения предприятия и его базовых материальных объектов, наличие исправной и работоспособной техники для заготовки кормов, размеры и контуры рабочих участков, вопросы внутрихозяйственной логистики и размещение мест хранения сенажа и силосных ям, а также другие внешние факторы.

После сбора исходных данных необходимо проводить вычисления для определения основных технико-экономических показателей, наиболее значимыми из которых являются производительность и расход топлива для конкретных производственных условий. Далее, выполнив расчеты для различных базовых и перспективных комплексов уборочных машин, можно сделать выводы о целесообразности применения уборочных комплексов на конкретных сельскохозяйственных предприятиях.

### **Основная часть**

Согласно диаграмме последовательности функционирования программного приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин, представленной на рис. 1, пользователь взаимодействует с интерфейсом и активирует элементы управления, отвечающие за поиск данных в каталоге, формирование технологических операций по уборке кормовых культур, и осуществляет вычисления, направленные на определение расхода топлива и производительности при заготовке кормов и формировании структуры парка кормоуборочной техники.

В качестве ответа на действия пользователя клиентская часть приложения через веб-интерфейс обращается к серверу, на котором хранятся скрипты для проведения соответствующих расчетов кормоуборочных операций и исходный код для взаимодействия с базой данных. Для получения необходимых для вычислений данных скрипт серверной части приложения отправляет SQL запросы серверу базы данных, который возвращает технические характеристики машин и другую служебную информацию. Обработка и систематизация информации, полученной от сервера базы данных, а также выполнение расчетов осуществляется на сервере, после чего упорядоченная информация через веб-интерфейс передается в приложение и отображается пользователю [1].

Между объектами системы в процессе формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин происходит обмен синхронными и асинхронными сообщениями (рис. 1).



Рис. 1. Диаграмма последовательности функционирования программного приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин

Приложение для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин реализовано в рамках паттерна MVC [2], «Модель-Представление-Контроллер». Представление приложения – его интерфейс, отвечает за отображение данных модели пользователю, реагируя на изменения модели. Контроллер осуществляет функцию взаимосвязи между пользователем и бизнес-логикой приложения, он обрабатывает действия пользователя, передает данные в модель. Модель представляет бизнес-логику приложения, данные и методы их обработки, функции для вычисления технико-экономических показателей при заготовке кормов, формирование каталога, формирование запросов к базе данных и обработку ответов [3, 4].

Реализация результатов проектирования в программном приложении для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин в технологиях заготовки кормов из трав и силосных культур представлена на рисунках 2–5.

На рис. 2 представлено окно выбора сохранённых результатов вычислений по кормоуборочным комплексам машин. Окно состоит из заголовка 1 и заголовков типа заготавливаемых кормов 2.

При наведении курсора на соответствующий селектор типа заготавливаемых кормов 4 появляется всплывающая ссылка для перехода к соответствующему разделу вычислений 3.

В результате перехода по ссылке отрывается главное окно работы приложения (рис. 3). В верхней части окна расположен заголовок с наименованием кормоуборочной операции 1. В левом верхнем углу расположены общие характеристики условий работы: площадь убираемого участка, а также тип почвы.



Рис. 2. Интерфейс выбора технологии заготовки кормов: 1 – заголовок окна; 2 – заголовки типа заготавливаемых кормов; 3 – всплывающая ссылка для перехода к соответствующему разделу вычислений; 4 – селектор типа заготавливаемых кормов

№ операции	Наименование работ	Начало работ (норматив)	Окончание работ (норматив)	Фактически отработано	Марка машины	Марка трактора агрегата	Производительность агрегата	Требуется агрегатов, топливалллата ед	Расход агрегатов, топливалллата ед	Заработная плата
1	Скашивание трав с плоскением	20.06.2022	25.06.2022	124.302	EasyCut 3210 CV	Беларус 82.1	2.98 га/ч	2.59	2.69 кг/га	3.85
2	Ворошение	21.06.2022	30.06.2022	30.428	KW 13.02/12 T	Беларус 1221.2	12.16 га/ч	0.38	0.81 кг/га	3.85
3	Стребание	22.06.2022	01.07.2022	50.216	Swadro 907	John Deere 6920	7.37 га/ч	0.628	1.45 кг/га	3.85
4	Подбор валков и измельчение	24.06.2022	03.07.2022	83.047	Jaguar 850		4.45 га/ч	1.038	9.63 кг/га	3.85
5	Транспортировка	24.06.2022	03.07.2022	153.292	МАЗ 457040		36.2 т/ч	1.916	32 л/100 км	3.85
6	Трамбовка измельченной массы	24.06.2022	03.07.2022	458.257	К 2-3	Беларус 1523	0.81 га/ч	5.728	3.95 кг/га	3.85

Рис. 3. Главное окно приложения: 1 – заголовок главного окна; 2 – общие характеристики условий работы; 3 – элементы управления приложением; 4 – главная таблица с результатами вычислений

Также в левом верхнем углу главного окна расположены элементы управления приложением 3. К элементам привязаны следующие функции:

- вставка новой технологической операции в главную таблицу;
- формирование новой операции;
- обновление нумерации в перечне кормоуборочных работ;
- перемещение операции внутри перечня;
- удаление выделенной операции;
- сохранение результатов редактирования и вычислений;
- включение режима редактирования уборочного комплекса машин;
- подсветка взаимосвязанных операций.

При выделении соответствующей операции в главном окне приложения в нижней части экрана появляется «Редактор технологической операции» (рис. 4).

Редактор технологической операции представляет собой окно, состоящее из заголовка 1 и динамически обновляемого контента, который меняется при выделении различных технологических операций в главном окне. В верхней части редактора технологической операции расположен селектор типа операции по наименованию 2, который позволяет редактировать операцию. При изменении содержимого верхнего селектора все последующие элементы придется выбирать заново.

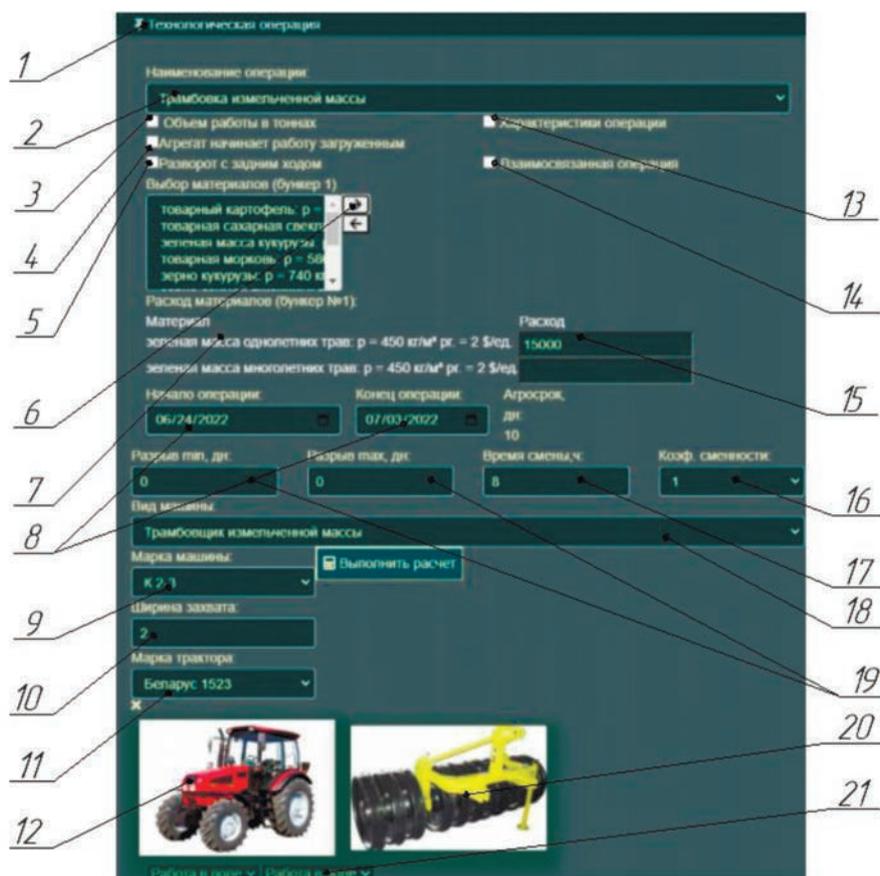


Рис. 4. Редактор технологической операции: 1 – заголовок окна; 2 – селектор типа операции по наименованию; 3 – переключатель единицы объема работ; 4 – переключатель условий работы; 5 – переключатель типа разворота; 6 – селектор выбора материала; 7 – информационное сообщение о типе материала, его плотности и стоимости; 8 – редактор начала и окончания операции; 9 – селектор выбора машины по марке; 10 – селектор выбора ширины захвата машины; 11 – селектор выбора марки трактора; 12 – изображение выбранного трактора; 13 – переключатель характеристики операции; 14 – переключатель взаимосвязанной операции; 15 – редактор расхода материала; 16 – селектор коэффициента сменности; 17 – селектор времени смены; 18 – селектор вида машины; 19 – редактор разрывов операции; 20 – изображение выбранной машины; 21 – селектор внутрихозяйственной логистики

Под селектором 2 расположены переключатели, которые позволяют изменить единицы объема выполняемых работ 3 – выбрать тонны или гектары. Переключатель типа разворота 5 позволяет вносить изменения в результаты расчета в связи с особенностями движения уборочного агрегата по полю. Селектор выбора типа материала 6 позволяет редактировать и добавлять соответствующие материалы:

- зеленая масса для заготовки силоса;
- провяленная сенажная масса.

После выбора типа материала в окне редактора появляется информационное сообщение 7 о типе материала, его плотности и стоимости. Данные можно изменить в редакторе расхода материала 15. Редактор начала и окончания операции 8 позволяет изменить сроки выполнения работ.

Селектор выбора машины по марке 9 позволяет изменить или выбрать марку машины для реализации редактируемой операции. При этом для выполнения расчета в автоматическом режиме из базы подтягиваются необходимые характеристики выбранной машины. Селектор 10 позволяет дополнительно указать ширину захвата выбранной машины, что является важным моментом в связи с существующей разномарочностью и наличием различных модификаций сельскохозяйственных машин. В зависимости от тягового класса, с которым агрегируется выбранная машина, в селекторе 11 будет предложен соответствующий перечень тракторов для соответствующей машины. Изображения выбранных трактора 12 и машины 20 после выбора будут загружены в окно редактора.

Для ввода дополнительных характеристик технологических операций, таких как высота среза при скашивании или длина резки при измельчении, необходимо использовать переключатель 13. Для информирования приложения о том, что выбранная операция является взаимосвязанной с другими технологическими операциями, необходимо выбрать переключатель 14.

Селекторы коэффициента сменности 16 и выбора времени смены 17 позволяют ввести соответствующие значения и использовать данные для выполнения расчетов.

Селектор вида машины 18 используется как фильтр и позволяет упростить выбор необходимой машины по марке. Редактор разрывов операции 19 позволяет ввести соответствующие данные для выполнения расчетов. Селектор внутривладельческой логистики 21 позволяет сделать выбор места выполнения операции для вычисления расстояния перемещения техники, выбора рациональных маршрутов движения и решения логистических задач.

По результатам вычисления основных показателей относительно экономической эффективности, производительности и расхода топлива при использовании различных сочетаний уборочной, погрузочной, транспортной и дополнительной специализированной техники для выполнения уборочных работ с учетом конкретных производственных условий принимается решение о рациональном формировании парка мобильных кормоуборочных машин.

На рис. 5 представлен модуль вычисления технико-экономических показателей мобильной кормоуборочной техники.

Рис. 5. Модуль вычисления технико-экономических показателей мобильной кормоуборочной техники: 1 – селектор марки кормоуборочного комбайна; 2 – селектор типа транспортного агрегата; 3 – селектор марки транспортного агрегата; 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 – редактируемые поля со значениями урожайности, расстояния перевозки, среднего уклона, длины выезда, длины участка, ширины участка, класса груза и плотности кормов соответственно; 12 – редактируемые поля со значениями времени на замену транспортного агрегата, отдых, ежесменное техническое обслуживание, подготовку к переезду, получение наряда, переезды в начале и конце смены соответственно; 13 – фотографические изображения основной и вспомогательной кормоуборочной техники, 14 – информационные текстовые поля со значениями мощности, массы, радиуса поворота и удельного расхода топлива кормоуборочного агрегата; 15 – селектор монтируемого оборудования; 16 – информационные поля со значениями ширины захвата и марки оборудования; 17 – информационные поля со значениями грузоподъемности, объема кузова и расхода топлива транспортного средства; 18 – кнопка для выполнения расчета

Для использования модуля необходимо указать марку кормоуборочного комбайна путем редактирования информации в селекторе 1. После выбора марки кормоуборочного комбайна из базы данных будут загружены его технические характеристики и будут отображаться в виде информационных текстовых полей 14 со значениями мощности, массы, радиуса поворота и удельного расхода топлива кормоуборочного комбайна. Указать тип транспортного агрегата можно, выбрав соответствующий пункт в селекторе 2.

После выбора марки комбайна станет доступным выпадающий список с перечнем монтируемого оборудования, предназначенного для эксплуатации с выбранным кормоуборочным комбайном. После выделения необходимого пункта из селектора монтируемого оборудования 15 в нижней части основного окна модуля появятся информационные поля 16 со значениями ширины захвата и марки оборудования.

После выбора марки транспортного агрегата в селекторе 3 в окне модуля появится дополнительная информация в виде текстовых полей 17 со значениями грузоподъемности, объема кузова и расхода топлива транспортного средства.

Для выполнения расчетов нужно отредактировать поля переменных значений:

– 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 – редактируемые поля со значениями урожайности, расстояния перевозки, среднего уклона, длины выезда, длины участка, ширины участка, класса груза и плотности кормов соответственно;

– 12 – редактируемые поля со значениями времени на замену транспортного агрегата, отдых, ежесменное техническое обслуживание, подготовку к переезду, получение наряда, переезды в начале и конце смены соответственно.

После нажатия на кнопку 18 появится окно с результатами расчета основных технико-экономических показателей мобильной кормоуборочной техники.

## **Заключение**

В результате проведенных исследований по разработке программного приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин в технологиях заготовки кормов из трав и силосных культур можно сделать следующие выводы:

1) разработаны диаграммы вариантов использования, последовательностей и развертывания, которые позволили рассмотреть программное приложение для формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин на концептуальном уровне, выявить взаимодействие между объектами системы и определить архитектуру ее исполнения;

2) по результатам выполненных исследований результаты проектирования реализованы в программном приложении для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин в технологиях заготовки кормов из трав и силосных культур. Приложение состоит из окна выбора сохраненных результатов вычислений, главного окна и редактора технологических операций. В результате вычисления основных показателей экономической эффективности, производительности и расхода топлива при использовании различных сочетаний уборочной, погрузочной, транспортной и дополнительной специализированной техники для выполнения уборочных работ с учетом конкретных производственных условий принимается решение о рациональном формировании парка мобильных кормоуборочных машин.

## **Список использованных источников**

1. Гаст, Х. Объектно-ориентированное проектирование: концепции и программный код / Х. Гаст. – М.: Диалектика, 2018. – 1040 с.
2. Розин, В. М. Проектирование и программирование: Методологическое исследование. Замысел. Разработка. Реализация. Исторический и социальный контекст / В. М. Розин. – М.: Ленанд, 2018. – 160 с.
3. Круз, Р. Л. Структуры данных и проектирование программ / Р. Л. Круз. – М.: Бином, 2014. – 765 с.
4. Михайлов, Л. Объектно-ориентированная технология разработки программных систем. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 298 с.