

На правах рукописи

Белов Олег Валерьевич

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА  
КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ В УСЛОВИЯХ  
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ПУТЁМ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КОМПЬЮТЕРНОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

Специальность 05.20.01 –  
«Технологии и средства механизации сельского хозяйства»

Автореферат диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2015

Работа выполнена в государственном научном учреждении «Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства» Российской академии сельскохозяйственных наук (федеральном государственном бюджетном научном учреждении «институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства»).

**Научный руководитель:**

**Валге Александр Мартынович** доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБНУ ИАЭП (ГНУ СЗНИИМЭСХ)

**Официальные оппоненты:**

**Костюченков Николай Васильевич** доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технический сервис» акционерного общества «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина»;

**Белов Валерий Васильевич** доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии, автоматизация и электротехники» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех»)

Защита состоится «15» мая 2015 года в 13.30 часов на заседании диссертационного совета Д 220.060.06 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» по адресу: 196601, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2 (СПбГАУ, 2-й учебный корпус, ауд. 2.719).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке: федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

Автореферат размещен на сайтах <http://vak2.ed.gov.ru> , <http://spbgau.ru>

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_2015 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета

д.т.н., профессор  
**Смирнов Василий  
Тимофеевич**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** Производство сельскохозяйственной продукции, в том числе капусты белокочанной в рыночных условиях происходит под действием множества факторов, влияющих на результаты производства. Это вызывает необходимость, проведения мониторинга производства и выбора управляющих решений по использованию производственных ресурсов и технических средств технологии, обеспечивающих рентабельность производства.

Одним из способов решения этих производственных проблем является использование современных методов компьютерного проектирования технологий, основанный на использовании теории логической алгебры, теории множеств и методов решения многомерных оптимизационных задач.

Возможности для решения таких задач предоставляют современные системы программирования, которые включают в себя табличные процессоры и реляционные системы управления базами данных (БД), обеспеченные широкими возможностями для манипуляции с большими массивами информации. Наиболее подходящей системой для решения таких объёмных задач является система управления БД (СУБД) и, в частности, Access входящая в состав Microsoft Office.

**Цель исследований.** Повышение эффективности технологий производства капусты белокочанной в рыночных условиях путём оптимизации использования ресурсного обеспечения, моделирования технологических процессов и выбора оптимального состава технических средств, в сельскохозяйственном предприятии Ленинградской области.

**Объект исследования.** Производственные ресурсы, технологические процессы, объекты технологий и их свойства, влияющие на производство капусты белокочанной в хозяйстве.

**Предмет исследования.** Методы оптимизации использования ресурсного обеспечения, математического моделирования и проектирования технологий с использованием современных информационных систем.

**Научная новизна работы** заключается в разработке новых методов, алгоритмов и программных продуктов:

1. Для формализации технологических процессов производства капусты белокочанной применены методы теории множеств и математической логики, на основе которых разработаны математические модели технологических процессов и технологий.
2. Предложена модель оптимизации ресурсного обеспечения в сельскохозяйственном предприятии.
3. Разработана компьютерная программа для проектирования технологий механизированного производства капусты белокочанной в условиях Северо-Запада РФ.
4. Проведён сравнительный анализ технологий по различным технико-экономическим показателям.
5. Разработан алгоритм стратегии уборки поздних сортов капусты белокочанной в зависимости от погодных условий.

### **Практическую значимость работы составляют:**

- метод, алгоритм, компьютерная программа проектирования технологий механизированного производства капусты белокочанной;
- алгоритм и компьютерная программа оптимизации использования ресурсов в сельскохозяйственном предприятии в зависимости от рыночной конъюнктуры;

- алгоритм стратегии, уборки урожая поздних сортов капусты белокочанной в зависимости от погодных условий.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы были представлены в виде научных докладов на:

- научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов в СПбГАУ 26-28 января 2012 года;
- международной научно-практической конференции молодых учёных «Аграрная наука 21 века. Актуальные исследования и перспективы» СПбГАУ 21-22 февраля 2013 года.

**Публикации:** основные положения и результаты исследований опубликованы в 8 научных работах, в том числе 3 работы в изданиях, входящих в перечень ВАК.

**Патентование.** В процессе выполнения диссертационной работы были получены 3 свидетельства о регистрации электронных ресурсов: алгоритм, математическая модель, компьютерная программа.

**Реализация результатов.** Результаты исследований по использованию ресурсного обеспечения и проектирования технологий апробированы и приняты в ЗАО «Победа».

Основные положения диссертационной работы используются в учебном процессе в СПбГАУ при подготовке специалистов инженерной квалификации.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Математическая модель, алгоритм и компьютерная программа оптимизации использования ресурсного обеспечения в хозяйстве.
2. Математические модели технологических процессов производства капусты белокочанной.
3. Алгоритм и компьютерная программа проектирования технологий механизированного производства капусты белокочанной по различным технико-экономическим показателям.
4. Теория и алгоритм выбора, стратегии уборки поздних сортов капусты белокочанной по погодным условиям.
5. Результаты компьютерного моделирования и расчётов по оптимизации технологии производства капусты белокочанной в условиях ЗАО «Победа».

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы из 97 наименования, включает 191 страницу, 6 приложений, 49 рисунков и 44 таблицы.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы исследований, сформулированы цель и задачи исследований, представлены основные положения работы, выносимые на защиту.

**В первой главе** «Состояние вопроса. Цель и задачи исследований» выполнен анализ состояния и перспективы развития отрасли овощеводства открытого грунта РФ, Северо-Западного Федерального Округа и Ленинградской области.

Рассмотрена структура технологических процессов, входящих в состав технологий механизированного производства капусты белокочанной, отмечена многовариантность процессов в зависимости от конкретных условий.

Выполнен анализ работ предшественников по разработке методов проектирования технологий растениеводства.

Большой вклад в исследование и разработку математических моделей, методов анализа и проектирования технологий, систем машин и оборудования, методов оптимизации состава технических средств сельскохозяйственных предприятий внесли исследователи: Белов В.В., Беляев А.С., Большунов В.А., Валге А.М., Давидсон Е.И., Догановский М.Г., Еникеев В.Г., Иофинов С.А., Керимов М.А., Костюченков Н.В., Новиков М.А., Огнев О.Г., Попов А.А., Попов В.Д., Романовский Н.В., Романовский Н.Н., Смелик В.А., Шамонин В.И. и другие ученые.

Отмечено, что при выборе технологий и состава технических средств требуется разработка математических моделей, учитывающие взаимосвязи природно-климатических и производственных условий с учётом различных технико-экономических показателей.

Любая технология характеризуется сложными взаимодействиями пересекающихся множеств и осуществима, если свойства объектов совместимы между собой. Варианты реализации технологии ( $N_{\text{ВАР}}$ ) могут быть представлены в виде системы уравнений соотношения множеств:

$$\begin{cases} (ПУ \times ПР) \cap ПР = П \\ (П \times Т) \cap П = T_1 \\ (T_1 \times ТП) \cap T_1 = T_2 \\ (T_2 \times ТО) \cap T_2 = T_3 \\ (T_3 \times КМ) \cap T_3 = T_4 \end{cases}$$

$$N_{\text{ВАР}} = П + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \quad (1)$$

где: ПУ – множество почвенно-климатических условий; ПР – множество производственных условий; ТП – множество технологических процессов; ТО – множество технологических операций; КМ – множество комплексов машин; П – число возможных вариантов взаимодействий ПУ и ПР;  $T_1 \dots T_4$  – число возможных вариантов взаимодействий множеств;  $\times$  – знак произведения Эйлера для множеств;  $\cap$  пересечение соответствующих множеств.

Система (1) образует многомерное пространство возможных вариантов реализации технологии. Рациональная технология ( $ТП_r$ ) формируется в виде последовательности взаимосвязанных технологических процессов:

$$ТП_r = ТП^{01} \rightarrow ТП^{02} \rightarrow ТП^{03} \rightarrow \dots \rightarrow ТП^{nn}, \quad (2)$$

где  $ТП^{01}$ ,  $ТП^{02} \dots ТП^{nn}$  – рациональные варианты каждого технологического процесса для конкретных производственных условий.

Структурная схема многовариантной технологии представлена на рисунке 1. Конечные результаты вариантов технологий отличаются величиной урожая ( $Y$ ) и затратами производственных ресурсов ( $\Sigma Z$ ).

Каждый вариант технологии производства капусты белокочанной состоит из следующих друг за другом технологических процессов (ТП), которые логически упорядочены совокупностью технологических операций (ТО) выполняемых разными комплексами машин (КМ).

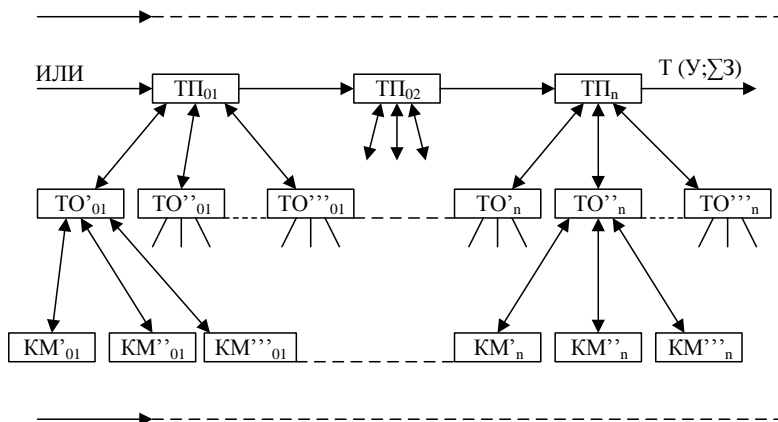


Рисунок 1 - Структурная схема многовариантной технологии

Целью исследований является повышение эффективности технологии производства капусты белокочанной в условиях Ленинградской области путём оптимизации использования ресурсного обеспечения и компьютерного проектирования технологии производства капусты белокочанной в овощеводческом предприятии.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Разработать модель оптимизации использования ресурсного обеспечения и определить оптимальных объёмов производства в овощеводческом предприятии Ленинградской области;
2. Выполнить анализ по оценке эффективности использования ресурсного обеспечения в производстве и дать рекомендации по повышению эффективности его использования и оптимальным объёмам производства в зависимости от рыночного спроса на продукцию.
3. Разработать многомерные математические модели технологических процессов, входящих в технологию механизированного производства капусты белокочанной;
4. Разработать компьютерную программу проектирования оптимальных технологий механизированного производства капусты белокочанной в условиях Ленинградской области;
5. Разработать стратегию уборки капусты поздних сортов в условиях Ленинградской области;
6. Выполнить проектирование технологий и дать их сравнительную оценку вариантов по различным технико-экономическим показателям;
7. Разработать алгоритм и выполнить расчеты по оценке технико-экономической эффективности технологии производства капусты белокочанной с использованием компьютерного проектирования.

**Во второй главе** «Теоретические предпосылки оптимизации производственных ресурсов и технологических процессов производства капусты белокочанной» рассмотрены алгоритмы оптимизации использования ресурсного обеспечения и технологических процессов механизированного производства капусты белокочанной.

Рыночный спрос на производимую продукцию может существенно изменяться, что требует перераспределения производственных ресурсов, определения оптимальных объёмов производства, перестройки производственного процесса, выбора технологий, технологических процессов и технических средств, изменения структуры производимой продукции.

В общем виде блок-схема алгоритма управления ресурсным обеспечением и производственными процессами приведена на рисунке 2.

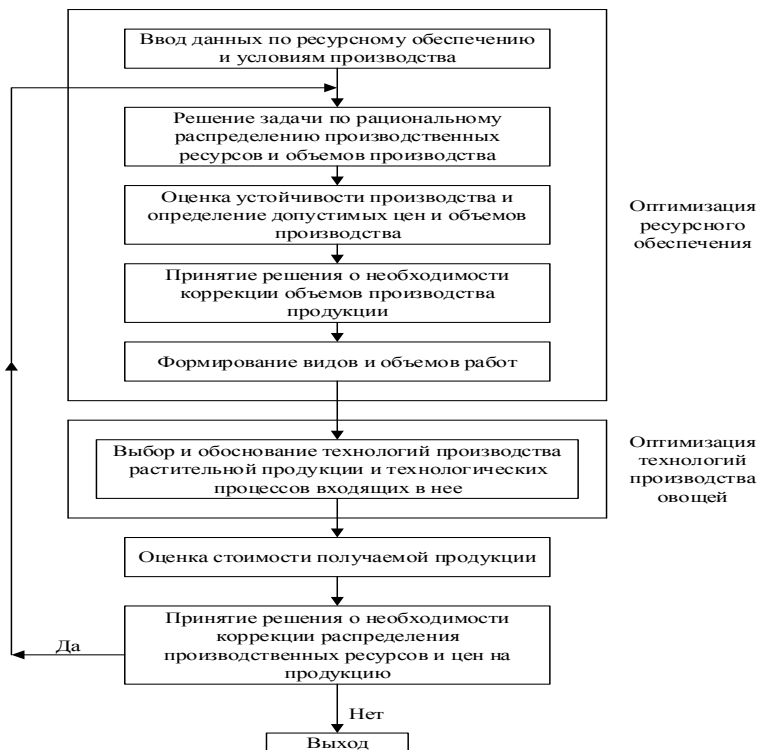


Рисунок 2 - Блок-схема алгоритма оптимизации ресурсного обеспечения при производстве овощей

Математическая модель ресурсного обеспечения формируется в виде задачи линейного программирования (ЛП), содержащей целевую функцию и систему ограничений. Целевая функция имеет следующий вид:

$$F = \sum_{i \in N} c_i x_i - \sum_{i \in N} d_i x_i \rightarrow \max, \quad (3)$$

где  $x_i$  - виды реализуемой на рынке продукции;  $c_i$  - стоимость  $i$ -ой реализуемой продукции;  $d_i$  - суммарные финансовые затраты на производство  $i$ -продукции.

Задача решается на максимизацию прибыли.

Целевая функция (3) с системой уравнений – ограничений представляет собой классическую задачу ЛП. При наличии основного решения задачи всегда





Используя символику логики предикатов ( $\forall$  - квантор всеобщности,  $\exists$  - квантор существования), можно записать:

$$\forall_T x \exists_T y (x \leftrightarrow y) \text{ или } \forall_T x \exists_T y [Qt_1(x, y)], \quad (5)$$

где для любого объекта –  $x$  из множества  $T$  всегда найдётся другой технологический объект –  $y$  из этого множества либо другого подмножества, который совместим с первым в процессе проектирования технологии.

Между технологическими объектами существует *отношение следования*, для каждого технологического объекта найдётся другой технологический объект, связанный с первым отношением следования. Все технологические объекты должны быть упорядоченными. Для обозначения этого отношения используется знак " $-\prec$ ":  $x-\prec y$  или  $Qt_2(x, y)$  где  $x, y$  – символы каких либо технологических объектов. Используя символику предикатов отношение  $Qt_2(x, y)$  можно отобразить как:

$$\forall_T x \exists_T y (x-\prec y) \text{ или } \forall_T x \exists_T y [Qt_2(x, y)], \quad (6)$$

где для каждого технологического объекта –  $x$  из множества  $T$  существует другой технологический объект –  $y$ , связанный с первым отношением следования.

В технологии существуют ситуации, когда один объект *предопределяет* другой. Для обозначения предопределения употребляется символ " $\rightarrow$ ":  $x \rightarrow y$   $Qt_3(x, y)$ . Используя логику предикатов отношение предопределения можно отобразить в следующем виде:

$$\forall_T x \exists_T y (x \rightarrow y) \text{ или } \forall_T x \exists_T y [Qt_3(x, y)], \quad (7)$$

где существует технологический объект-  $x$  из множества  $T$ , который предопределяет другой технологический объект-  $y$  из того же множества, либо подмножества. Отношение предопределения, как и отношение совместимости, существуют между различными объектами.

Используя операции математики логики и теории множеств:  $\vee$  - дизъюнкция,  $\wedge$  - конъюнкция,  $\Rightarrow$  - импликация,  $\forall$  - квантор всеобщности можно описать зависимости между технологическими объектами и их свойствами.

С использованием теории множеств и математической логики разработаны математические модели основных технологических процессов производства капусты белокочанной. Разработанные математические модели составляют программно-логическую основу использования реляционных систем управления базами данных для компьютерного моделирования технологии.

Например: в технологическом процессе «основная обработка почвы» для выращивания капусты белокочанной технологические объекты выражается через импликацию их свойств:

- почвенно-климатические условия региона:

$$\begin{aligned} & \forall_T PY_p \{ (\forall_A m_{A_i} [m_{A_i}(PY_p)]) \vee \forall_B m_{B_i} [m_{B_i}(PY_p)] \vee \forall_C m_{C_i} [m_{C_i}(PY_p)] \wedge \forall_D m_{D_i} [m_{D_i}(PY_p)] \wedge \\ & \wedge (\forall_E m_{E_i} [m_{E_i}(PY_p)] \vee \forall_F m_{F_i} [m_{F_i}(PY_p)]) \wedge (\forall_G m_{G_i} [m_{G_i}(PY_p)] \vee \forall_H m_{H_i} [m_{H_i}(PY_p)]) \wedge \\ & \wedge (\forall_J m_{J_i} [m_{J_i}(PY_p)] \vee \forall_K m_{K_i} [m_{K_i}(PY_p)]) \wedge \forall_M m_{M_i} [m_{M_i}(PY_p)] \} = PY_p a, \quad (8) \end{aligned}$$

где:  $T$  – множество свойств  $PY_p$ ;

A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, M – подмножества свойств ПУ<sub>р</sub> которые входят в множество T.

- производственные условия предприятия:

$$\forall_{T_3} \{ \forall_{PP1} [m_{PP1} (PP_{\Pi})] \vee \forall_{PP2} [m_{PP2} (PP_{\Pi})] \} = PP_{\Pi} a \quad (9)$$

где T<sub>3</sub> – множество свойств PP<sub>Π</sub>;

PP1, PP2 ⊂ T<sub>3</sub> - подмножество свойств PP<sub>Π</sub> которые входят в множество T<sub>3</sub>.

- варианты выполнения технологического процесса:

$$\forall_{T_2} \{ \forall_{TTP0101} m_{Ni} [m_{Ni} (TTP_{\Pi})] \vee \forall_{TTP0102} m_{Oi} [m_{Oi} (TTP_{\Pi})] \} = TTP_{\Pi} a \quad (10)$$

где T<sub>2</sub> – множество свойств TTP<sub>Π</sub>;

TTP0101, TTP0102 – подмножества свойств TTP<sub>Π</sub>, которые входят в множества T<sub>2</sub>.

- специализированные комплексы машин необходимые для выполнения технологического процесса, по теории множеств (уравнение 10) выражается:

$$\forall_{T_4} KM_C \{ (\forall_W [w_i (KM_C)]) \vee \forall_W [w_i (KM_C)] \} = KM_C a \quad (11)$$

где T<sub>4</sub> – множество свойств технических средств;

W<sub>i</sub> ⊂ T<sub>4</sub> - подмножество свойств КМ<sub>с</sub> которые входят в множества T<sub>4</sub>.

**В третьей главе** «Разработка компьютерных программ» разработка математической модели управления ресурсным обеспечением была выполнена по условиям и производственным данным хозяйства Ленинградской области, производящего пять видов продукции: капуста белокочанная, свекла столовая, морковь столовая, картофель, прочие овощные культур.

В соответствии с требованиями теории линейного программирования по исходным данным разработана задача линейного программирования для решения оптимизационной задачи.

Задача содержит пять переменных:

- X1 – производство капусты белокочанной на реализацию (т); X2 – производство моркови столовой на реализацию (т); X3 – производство свеклы столовой на реализацию (т); X4 – производство прочих овощных культур на реализацию (т); X5 – производство картофеля на реализацию (т).

Для решения задачи линейного программирования в системе Excel должны быть выполнены следующие действия:

1. Задача формируется в табличном виде на листе в формате Excel.
  2. Задача активизируется путём ввода соответствующих директив для табличного процессора Excel.
  3. Решение задачи выполняется путём активизации соответствующей директивы.
- Для удобства работы и получения дополнительной информации для принятия решений, программа имеет понятный интерфейс с расчётными и графическими опциями.

В соответствии с разработанными теоретическими моделями технологий наиболее подходящей средой для их компьютерной реализации является реляционная СУБД. Учитывая особенности предоставления и обработки информации в СУБД, использована логическая последовательность применения и преобразования информации при разработке компьютерной программы проектирования технологий производства капусты белокочанной.

На основе СУБД Access 2007 разработана программа «Программа оптимизационного расчета технологических карт возделывания капусты белокочанной в условиях Северо-Запада РФ», позволяющая проектировать технологии производства капусты белокочанной для хозяйств различных типоразмеров и природно-климатических условий.

Для логического объединения информационных данных по технологическим показателям использованы теоретические разработки представленные, в диссертации. Программирование блока по расчёту технико-экономических показателей выполнено по рекомендациям СЗНИИМЭСХ.

Программа работает в режиме диалога с пользователем на основе разработанного интерфейса. Схема реляционного объединения информационных данных по технологии производства капусты белокочанной приведена на рисунке 3.

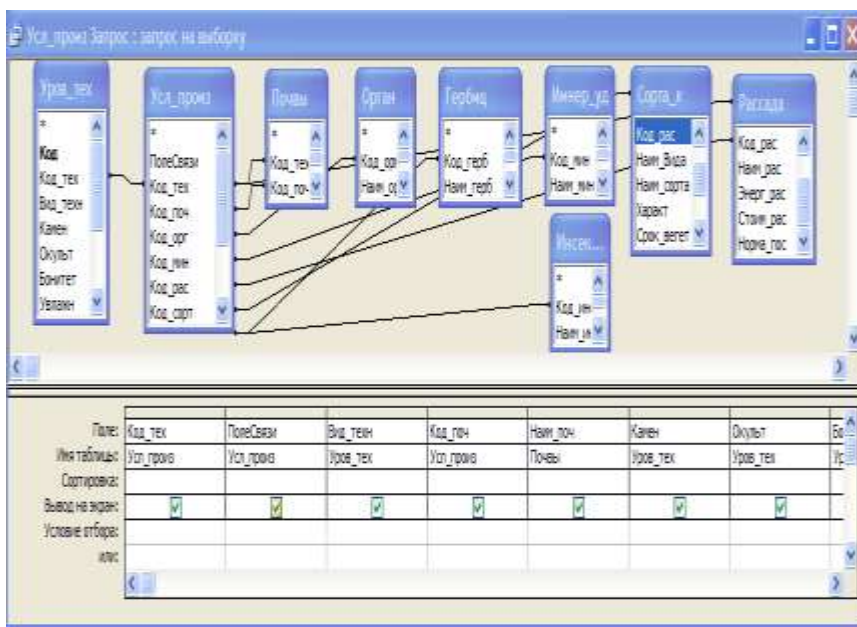


Рисунок 3 - Реляционное объединение таблиц в запросе по информационным данным технологии производства капусты белокочанной.

**В четвертой главе** «Экспериментальная проверка программных разработок и оптимизация параметров технологии» для практической проверки выполненных в диссертации разработок были использованы данные хозяйства Ленинградской области ЗАО «Победа», основные направления деятельности которого – выращивание в открытом грунте овощной продукции.

При оценке эффективности использования производственных ресурсов получено, что по основным культурам, капусте, моркови, свекле, картофелю имеется теневая цена, а, следовательно, и возможность перераспределить ресурсы для увеличения прибыли от реализации продукции.

Анализ оценок устойчивости объемов производства показывал, что по основным культурам, капусте, моркови, свекле, картофелю имеется возможность изменения объемом производства. По двум культурам, капусте и моркови, верхний предел объема производства вообще не ограничен.

На основании выполненных расчетов получено, что при снижении производственных ресурсов, возрастает прибыль от реализации, производимой продукции. При этом снижаются трудозатраты по механизаторам на 702, рабочим - 597, привлеченным рабочим 744 чел./час. На 1,9 т снижается расход топлива.

Экономический эффект достигается за счет изменения объемов производства свёклы, моркови и картофеля.

Объемы производства капусты белокочанной не изменились, однако она даёт свыше 40 % прибыли и на неё затрачивается свыше 50 % производственных ресурсов.

Разработанная программа проектирования технологий механизированного производства капусты белокочанной представляет собой универсальный программный продукт, работающий в режиме диалога с пользователем, путём ввода данных в последовательно открывающиеся формы.

Работа с программой начинается с главной кнопочной формы, и состоит из двух этапов:

- ввод условий производства и определение затрат на удобрения и материалы;
- формирование технологии из операций и оценка основных технико-экономических показателей, как по операциям, так и по всей технологии.

По первому пункту - главного меню вводятся цены на используемые удобрения и материалы, тарифные ставки механизаторов и рабочих, технико-экономические показатели тракторов и сельхозмашин.

По второму пункту - вводятся данные по условиям производства, площадь посадки, ранг технологии, нормы использования удобрений и материалов.

По третьему пункту - открываются отчёты по условиям производства и стоимостям использованных удобрений и материалов.

Выполняется формирование технологии из операций, а также удаление старой информации и просмотр новой (сформированной) технологии.

После выбора операций и закрытия формы, программа по всем указанным операциям выбирает технические средства и рассчитывает все технико-экономические показатели, определяет суммарные затраты.

Из расчетных таблиц методом фильтрации данных выделяются минимальные значения по заданным технико-экономическим показателям.

Анализируя полученные результаты можно отметить, что минимизация по отдельным показателям, энерго- и трудозатратам приводит к увеличению общих затрат, т.е. за уменьшение отдельных показателей необходимо увеличивать общие затраты.

При сравнении затрат по технологическим процессам при минимизации расходов, трудозатраты снизились на 2,4 чел./час на 1 га, и на 0,05 чел./час на 1т продукции, энергозатраты снизились на 13,8 кг топлива на 1 га, и на 0,5 кг на 1т продукции. Каждому варианту оптимизационного расчёта соответствует свой набор технических средств.

Массовая, уборка капусты производится в конце сентября и первой половине октября. В это время так же происходит интенсивное наращивание

массы растений до 5% в день. С этой точки зрения целесообразным является поздняя уборка урожая, что дает дополнительное количество продукции. Однако, при поздней уборке возможен риск потери части продукции по погодным условиям в связи с обильным выпадением осадков и затруднением работы уборочных и транспортных средств из-за переувлажнения почвы.

Выполненный анализ погодных условий сентября и октября месяцев за 10 лет показывал, что средняя температура за октябрь в два раза ниже средней температуры за сентябрь. В среднем в октябре, по сравнению с сентябрем, выпадает больше осадков, соответственно 28,1 и 23,0 мм (таблица 2). В октябре очень резко возрастает гидротермический коэффициент (ГТК), соответственно 0,5 и 1,7 (в 3,4 раза).

Таблица 2 - Статистические показатели изменения погодных условий в Ломоносовском районе Ленинградской области в сентябре и октябре месяцах за 10 лет

Наименование месяцев	Статистические показатели	Температура, °С	Сумма осадков, мм	ГТК
Сентябрь	Среднее	11,8	23,0	0,5
	Среднеквадратическое отклонение	1,4	7,9	0,1
Октябрь	Среднее	5,7	28,1	1,7
	Среднеквадратическое отклонение	2,1	12,5	0,3

Для решения компромиссной задачи, определения объемов уборки в сентябре и октябре, была использована теория игр.

Система уравнений игры имеет вид:

$$\begin{aligned} a_{11} \cdot P_1 + a_{21} \cdot P_2 &= v, \\ a_{12} \cdot P_1 + a_{22} \cdot P_2 &= v, \\ P_1 + P_2 &= 1, \end{aligned} \quad (12)$$

где:  $a_{ij}$  – доля продукции, полученной по  $i$ -ой технологии в  $j$ -х условиях;  $P_1, P_2$  – вероятности использования стратегий  $T_1$  и  $T_2$ ;  $v$  – возможная цена игры (выигрыш или проигрыш).

По результатам расчетов составлены матрицы решений игры технолога с природой, которые показывают, что практически при любых погодных условиях при уборке части урожая в октябре имеется выигрыш в валовом урожае от 23% при стратегии: сентябрь – 55%, октябрь 45%, до 42% при стратегии: сентябрь – 17%, октябрь 83%.

**В пятой главе** «Оценка экономического эффекта от использования выполненных в работе разработок и обеспечение экологической безопасности окружающей среды» выполнен расчет себестоимости разработки и цены программного обеспечения. Приведена оценка экономической эффективности от использования выполненных разработок.

Экономическая эффективность обеспечивается за счёт следующих факторов:

1. Увеличения прибыли на 636,6 тыс. руб. (1,0%) от производства продукции при перераспределении ресурсного обеспечения. При этом на 702,2

(3,8%) и 744 чел/час. (4,5%) сокращаются потребности в механизаторах и привлеченных рабочих, на две тонны сокращается потребность в топливе.

2. За счет проектирования оптимальной технологии снижаются на 550,2 тыс. руб. затраты на технологию, на 47 кг/га снижаются энергозатраты и на 2,3 чел./час/га - трудозатраты. Общие затраты на технологию, без учета затрат на материалы снижаются на 11,0%.

3. Себестоимость разработки программного обеспечения составляет:

$$C_{раз} = 260,4 \text{ т. руб.}$$

Общий годовой экономический эффект от оптимизации ресурсного обеспечения и оптимальной технологии производства составляет:

$$C_{эфф} = 1186,8 \text{ т. руб.}$$

Срок окупаемости капиталовложений на разработку составляет:

$$T = \frac{260,4}{1186,8} = 0,22 \text{ года}$$

4. Компьютерное проектирование технологических процессов и технологий механизированного производства капусты белокочанной обеспечивает чистоту экологии в соответствии с агротехническими и экологическими требованиями к технологиям и допустимым концентрациям вредных веществ, обеспечивающие экологическую чистоту продукта и безопасность для среды и человека.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Производство овощей в рыночных условиях происходит при конкуренции производителей, что предполагает непрерывный анализ эффективности использования производственных ресурсов, состава и объёмов производимой продукции, оптимизацию технологий и структур технических средств в соответствии с природно-климатическими и производственными условиями хозяйства.

2. Рассмотрены и обоснованы методы повышения эффективности производства овощей путём оптимизации использования ресурсного обеспечения, видов и объёмов овощной продукции, компьютерного проектирования технологий.

Разработаны алгоритм и программа оптимизации распределения ресурсного обеспечения (получено свидетельство о регистрации).

3. Разработаны методы и подходы компьютерного проектирования технологий производства овощей.

Доказано, что использование методов математической логики и теории множеств в наибольшей степени соответствует описанию технологии сельскохозяйственного производства и использования систем управления базами данных (СУБД) для проектирования технологий.

4. На основании теории множеств и законов математической логики разработаны математические модели технологии, технологических процессов производства капусты белокочанной в условиях Ленинградской области.

Математические модели использованы при разработке компьютерной программы проектирования технологии, производства капусты белокочанной. Программа разработана на основе реляционной СУБД «Access 2010» и работает в режиме диалога с пользователем (на программу получено свидетельство о регистрации).

5. Результаты научных исследований, выполненных в диссертации использованы в ЗАО «Победа» Ломоносовского района Ленинградской области, и показали, что за счёт оптимизации ресурсного обеспечения увеличение прибыли и снижение трудозатрат по механизаторам на 702, рабочим на 597, привлечённым рабочим на 744 чел./час.

Компьютерное проектирование технологии производства капусты белокочанной показало, что за счёт оптимизации состава технических средств происходит снижение расхода топлива на 13,8 кг/га и трудозатрат на 2,4 чел./час на га.

6. Анализ погодных условий Ленинградской области в период уборки урожая поздних сортов капусты белокочанной (сентябрь, октябрь) показал возможность уборки части урожая в октябре месяце.

Для оценки конкретных показателей на основе «Теории игр» разработаны алгоритм и компьютерная программа. Расчёты на компьютере показали, что оптимальной является стратегия уборки: 55% в сентябре и 45% октябре, при этом сбор продукции увеличивается на 23%.

7. Экономическая оценка выполненных разработок показала, что использование теоретического, алгометрического и программного обеспечения позволяет снизить затраты на производство капусты белокочанной в хозяйстве на 550,2 тыс. руб. и до 11% снизить потребность в топливе.

Стоимость разработки алгоритмического и программного обеспечения составляет 260,4 тыс. руб., а срок его окупаемости – 0,22 года.

### **Основные положения диссертации отражены в следующих публикациях:**

#### *В изданиях, рекомендованных ВАК*

1. Белов О.В. Оптимизация использования ресурсов в овощеводческом хозяйстве [Текст] / О.В. Белов // Картофель и овощи, ООО «КАРТО и ОВ». 2012. - №7, с. 17-19.
2. Белов О.В. Моделирование технологического процесса «основная обработка почвы» при формировании технологии производства капусты белокочанной в условиях Северо-Запада РФ [Текст] / О.В. Белов // Известия международной академии аграрного образования, СПб. 2013. - №16 том 1, с. 77-80.
3. Белов О.В. Математическое моделирование технологии механизированного производства капусты белокочанной [Текст] / В.П. Котов, О.В. Белов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, СПб. 2013. - №31, с. 220-225. – ISSN 2078-1318.

#### *В других изданиях научных трудов*

4. Белов О.В. Перспективы повышения эффективности технологий производства белокочанной капусты в условиях Ленинградской области [Текст] / А.М. Валге, В.А. Большунов, О.В. Белов // Технологии и технические средства

механизированного производства продукции растениеводства и животноводства: Сб. науч. тр. – Вып. 82.– СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ. 2010. -с. 57-62. – ISSN 0131-5226.

5. Белов О.В. Структурная схема проектирования технологий производства капусты белокочанной [Текст] / О.В. Белов // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства: Сб. науч. тр. – Вып. 83.– СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ. 2012. -с. 37-42. – ISSN 0131-5226.

6. Белов О.В. К разработке методов компьютерного проектирования технологий производства капусты белокочанной [Текст] / О.В. Белов // Технологии и средства механизации сельского хозяйства: Сб. науч. тр. / СПб.: СПбГАУ. 2012. – с. 23-32. – ISSN 0136-5169.

7. Белов О.В. Моделирование технологии производства капусты белокочанной [Текст] / О.В. Белов // Аграрная наука XXI века Актуальные исследования и перспективы. СПб: СПбГАУ. 2013. – с. 151-152. – ISSN 0136-5169.

8. Белов О.В. Математическая модель технологического процесса внесения органических удобрений при выращивании капусты белокочанной [Текст] / О.В. Белов // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства: Сб. науч. тр. – Вып. 84.– СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ. 2010. -с. 42-49. – ISSN 0131-5226.

#### *Патентование*

9. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 18966. Алгоритм механизированного производства капусты белокочанной / О.В. Белов //Опубл. 26.02.2013.

10. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 19213. Математическое моделирование технологических процессов входящих в технологию производства овощей в условиях Северо-Запада РФ / О.В. Белов // Опубл. 20.05.2013.

11. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 19730. Программа оптимизационного расчета технологических карт возделывания капусты белокочанной в условиях Северо-Запада РФ / А.М. Валге, О.В. Белов // Опубл. 04.12.2013.

Подписано в печать 03.03.2015

Формат 60x84 Бумага офсетная

Тираж 100 экз. Заказ № 35

Отпечатано на ризографе

ФГБУ ИАЭП

196625, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Фильтровское шоссе,3