

УДК 633.491:631.54

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРЕДПОСАДОЧНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАСЧЕТОВ

Колошеин Дмитрий Владимирович
к.т.н., доцент кафедры
РИНЦ SPIN-код: 4912-0628
dkoloshein@mail.ru
ФГБОУ ВО РГАТУ
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Назарова Анна Анатольевна
д.с.-х.н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 6030-1547
nanocentr-apk@yandex.ru
ФГБОУ ВО РГАТУ
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Попов Андрей Сергеевич
к.т.н., доцент кафедры
РИНЦ SPIN-код: 1662-5333
popov1975.popoff@yandex.ru
ФГБОУ ВО РГАТУ
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

Лазарев Егор Антонович
аспирант
www.repzlhbo@mail.ru
ФГБОУ ВО РГАТУ
390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, дом 1

На сегодняшний день активно внедряются инновационные технологии, направленные на автоматизацию ключевых производственных процессов. Одним из критических этапов, влияющих на урожайность и устойчивость сельскохозяйственных культур, является предпосадочная обработка семенного материала специализированными препаратами. Данный процесс предъявляет высокие требования к точности дозирования и равномерности нанесения, так как нарушения этих параметров существенно ухудшают качество предстоящего урожая. В рамках настоящей работы предлагается автоматизированная система расчёта и управления технологическими параметрами камер для протравливания семенного картофеля, основанная на математическом моделировании технологического процесса. Программный модуль разработан на языке Python с учётом фактических лабораторных данных, научных трудов ведущих

UDC 633.491:631.54

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

IMPROVING THE PRE-PLANTING PREPARATION OF SEED POTATOES USING AUTOMATED CALCULATIONS

Koloshein Dmitry Vladimirovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department
RSCI SPIN-code: 4912-0628
dkoloshein@mail.ru
FSBEI HE RGATU
390044, Russia, Ryazan, Kostycheva, 1

Nazarova Anna Anatolyevna
Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
RSCI SPIN code: 6030-1547
nanocentr-apk@yandex.ru
390044, Russia, Ryazan, Kostycheva, 1

Popov Andrey Sergeevich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department
RSCI SPIN-code: 1662-5333
popov1975.popoff@yandex.ru
FSBEI HE RGATU
390044, Russia, Ryazan, Kostycheva, 1

Lazarev Egor Antonovich
graduate student
www.repzlhbo@mail.ru
FGBOU VO RGATU
390044, Russia Ryazan, Kostycheva, 1

Today, innovative technologies aimed at automating key production processes are being actively implemented. One of the critical stages affecting the yield and stability of agricultural crops is pre-planting treatment of seed material with specialized preparations. This process places high demands on the accuracy of dosing and uniformity of application, since violations of these parameters significantly worsen the quality of the upcoming harvest. Within the framework of this work, an automated system for calculating and controlling the technological parameters of chambers for seed potato treatment is proposed, based on mathematical modeling of the technological process. The software module is developed in Python, taking into account actual laboratory data, scientific works of leading experts in the field of mechanization of agrochemical treatments. During the study, a computational model was implemented that allows calculating the speed of the conveyor, processing time, the total volume of the prepared solution, the number

специалистов в области механизации агрохимических обработок. В ходе исследования реализована вычислительная модель, позволяющая рассчитать скорость движения конвейера, время обработки, общий объем подготовленного раствора, количество заправок бака, расход препаратов и режимы дозирования, исходя из полной конфигурации технологической линии, свойств семенного материала и применяемых препаратов. Модуль учитывает переменные параметры: размер и массу клубней, нормы препаратов, особенности распределительных устройств (число и ширина форсунок, дисперсия капель) и режимы работы (нормальный или ускоренный). Практическая апробация решения проводилась в условиях хозяйства ОАО «Аграрий». Исследования показали снижение вариации толщины защитного покрытия с 9–16% (до автоматизации) до 2–6% при использовании автоматизированных расчетов, что существенно повышает стабильность качества предпосадочной подготовки. Средний расход препаратов уменьшился примерно на 8%, что позволило исключить перерасход и обеспечило более экономное расходование препаратов.

Ключевые слова: АВТОМАТИЗАЦИЯ, ПРЕДПОСАДОЧНАЯ ОБРАБОТКА, СЕМЕННОЙ КАРТОФЕЛЬ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ, ТОЧНОСТЬ ДОЗИРОВАНИЯ, РАСХОД ПРЕПАРАТОВ, КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ

of tank refills, the consumption of preparations and dosing modes, based on the full configuration of the process line, the properties of the seed material and the preparations used. The module takes into account variable parameters: the size and weight of tubers, the norms of preparations, the features of distribution devices (the number and width of nozzles, the dispersion of drops) and operating modes (normal or accelerated). The practical testing of the solution was carried out in the conditions of the farm of JSC "Agrariy". The studies showed a decrease in the variation of the thickness of the protective coating from 9-16% (before automation) to 2-6% when using automated calculations, which significantly increases the stability of the quality of pre-planting preparation. The average consumption of preparations decreased by about 8%, which made it possible to eliminate overconsumption and ensured more economical use of preparations.

Keywords: AUTOMATION, PRE-PLANTING, SEED POTATOES, TECHNOLOGICAL PARAMETERS, MATHEMATICAL MODELING, SOFTWARE MODULE, DOSING ACCURACY, DRUG CONSUMPTION, PROCESSING QUALITY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-209-048>

Введение. Современный агропромышленный комплекс стремительно развивается благодаря внедрению инновационных технологий, машин и оборудования. Автоматизация ключевых процессов - один из главных трендов повышения эффективности производства [1]. Использование точных расчетов, современных дозирующих и распределительных устройств позволяет достичь как экономии ресурсов, так и повышения урожайности.

Одним из этапов, критически влияющих на урожайность [1] и устойчивость культур, является предпосадочная обработка семенного материала специализированными препаратами (фунгициды, инсектициды,

<http://ej.kubagro.ru/2025/05/pdf/48.pdf>

регуляторы роста). Этот процесс требует высокой точности по ряду параметров: унификации покрытия поверхности, правильным дозировкам и контролю процесса. В противном случае возможна передозировка или недостаточная обработка, что негативно сказывается на урожае.

Одно из перспективных решений - автоматизированные камеры для протравливания. Такие установки обеспечивают подачу ПАВ-дозированных растворов с помощью форсуночных устройств. В конструкциях предусмотрена регулировка скорости конвейера, размера капель, количества форсунок и ширины рабочей зоны, что позволяет адаптироваться к особенностям семенного материала.

Целью исследований является совершенствование предпосадочной обработки семенного картофеля путем автоматизации расчетов технологических параметров и фактической апробации программного обеспечения для оптимизации работы камер протравливания.

Методика исследований.

Методика построена на математическом моделировании процессов предпосадочной обработки с использованием лабораторных данных. Для вычисления основных параметров, а именно: скорости конвейера, времени обработки клубня, расчета общего объема раствора, количества заправок, расходов препаратов и режимов дозирования реализован соответствующий программный модуль на Python. Модель учитывает конфигурацию камеры (число, тип и ширина форсунок, длина зоны обработки), свойства семенного материала (масса партии, диаметр, средний вес клубня), специфику применяемых препаратов (фунгицид, инсектицид, регулятор роста) и режимы работы (нормальный или ускоренный). При этом программный модуль на Python основан на научных трудах С.М. Волкова, Г.Е. Листопада, В.А. Смелика, К.А. Пшеченкова, Э. Р. Хасанова и др.

Результаты исследований.

Основа расчёта построена на геометрических и технологических

параметрах: масса материала, средний диаметр клубня, средний вес, нормы растворов и препаратов. Определяющим параметром равномерности обработки служит площадь поверхности клубня:

$$S = \pi d^2, \quad (1)$$

где d – средний размер клубня, см.

Количество и дисперсия капель подбираются исходя из технологических требований. Используемые формулы для расчёта времени обработки, скорости конвейера и расхода раствора приведены в формуле 2:

$$t_{об} = \frac{S \cdot C}{P \cdot N}, \quad (2)$$

где C - покрытие каплями на 1 см^2 , P - количество капель в 1 мл , N - поток мл/сек.

Тогда общая обработка находится по формуле 3:

$$V_{об} = Q \frac{M}{1000}, \quad (3)$$

где, Q - расход на тонну, л/т, M - масса партии (кг).

Тогда количество заправок составит:

$$n = \left\lceil \frac{V_{общ}}{V_{бака}} \right\rceil, \quad (4)$$

Полученный алгоритм реализован на языке Python (рисунок 1), что позволяет учитывать не только базовые параметры обработки, но и рассчитывать отдельные задачи: дозировку на бак, остатки раствора, концентрации действующих веществ по каждой заправке, время обработки и выработку оборудования. Модель легко адаптируется под изменение технологических режимов (дисперсия капли, количество и ширина форсунок, расход раствора, объём бака).

Графический интерфейс (рисунок 1) разделён на два блока: основной модуль для ввода параметров партии клубней и модуль «Настройки оборудования», где необходимо задать технологические параметры, характеризующие работу линии.

В первой части (основное окно) вводятся физические характеристики

исходного материала: масса картофеля, средний диаметр и вес клубня. Это позволяет учитывать вариативность размеров сырья, что важно для расчёта контакта клубней с препаратом.

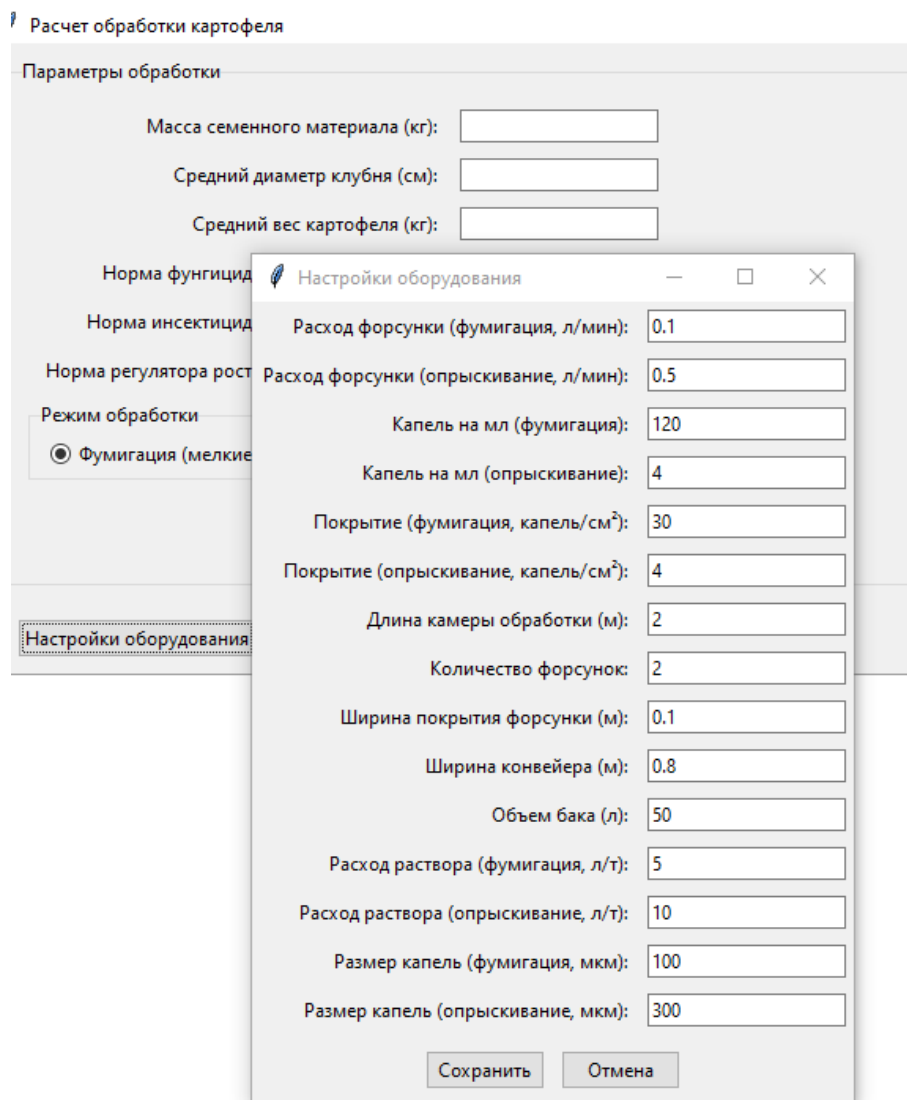


Рисунок 1 - Графический интерфейс программного обеспечения

Вторая часть (всплывающее окно «Настройки оборудования») содержит набор параметров, отражающих конструкционные и технологические характеристики протравочной линии:

Расход форсунки при разных режимах (фумигация и опрыскивание) задаётся в литрах в минуту. Количество капель на миллилитр для различных режимов определяет степень дисперсности и равномерность нанесения действующего вещества. Покрытие указывается как количество

попавших капель на единицу площади (см^2), что важно для оценки полноты и качества обработки поверхности клубня.

Длина камеры (в метрах) и количество форсунок определяют время контакта картофеля со средой и интенсивность распределения раствора.

Параметры, как ширина покрытия и ширина конвейера, влияют на расчёт распределения раствора по потоку клубней и позволяют корректировать объём используемого препарата в зависимости от производительности линии.

Указаны рабочие объёмы бака и расход раствора на 1 т клубней, что позволяет прогнозировать необходимый запас веществ для обработки заданного количества материала. Размер капель в микрометрах – это ключевой параметр, влияющий на равномерность покрытия и проникновение препарата в микроповреждения клубней.

В дальнейшем в рамках лабораторных исследований проведем тестирование программы в хозяйстве ОАО «Аграрий» (рисунок 2-4)

Расчет обработки картофеля

Параметры обработки

Масса семенного материала (кг): 1000

Средний диаметр клубня (см): 5

Средний вес картофеля (кг): 0,05

Норма фунгицида (л/т, опционально): 10

Норма инсектицида (л/т, опционально): 10

Норма регулятора роста (л/т, опционально): 0,5

Режим обработки

☒ Фумигация (мелкие капли) ☐ Опрыскивание (крупные капли)

Настройки оборудования

Рассчитать

=== РЕЖИМ ОБРАБОТКИ: фумигация (мелкие капли) ===

Размер капель: 100 мкм

Время обработки одного клубня: 5.89 сек

Скорость конвейера: 0.34 м/с

Общее время обработки партии: 1963.33 мин

Общий объем раствора: 5.0 л

Общие затраты препаратов:

- Фунгицид: 10.0 л
- Инсектицид: 10.0 л
- Регулятор роста: 0.5 л

Требуется 0 полных заливок бака (50 л)

Рисунок 2 - Тестирование программы в условиях хозяйства ОАО «Аграрий»

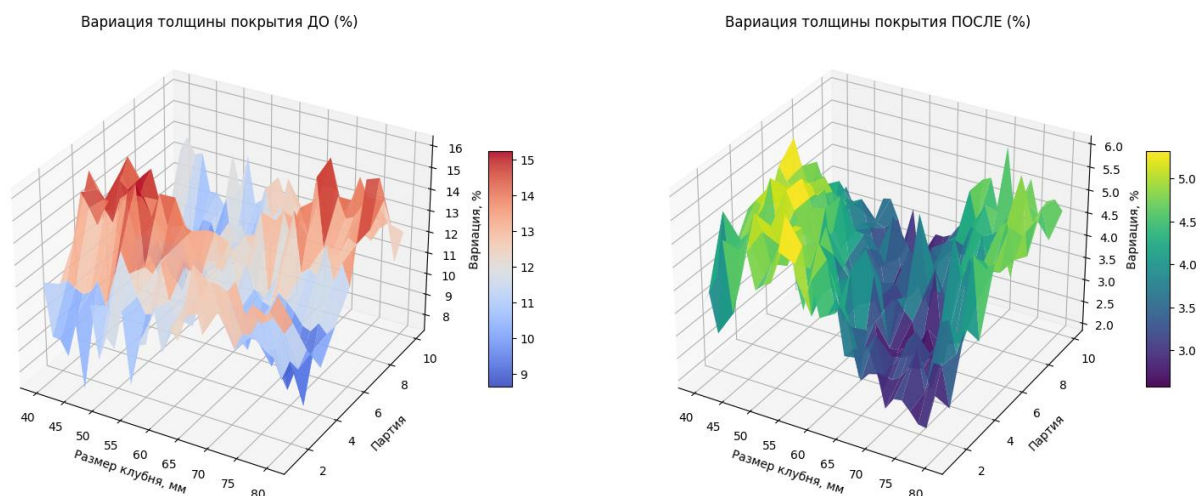
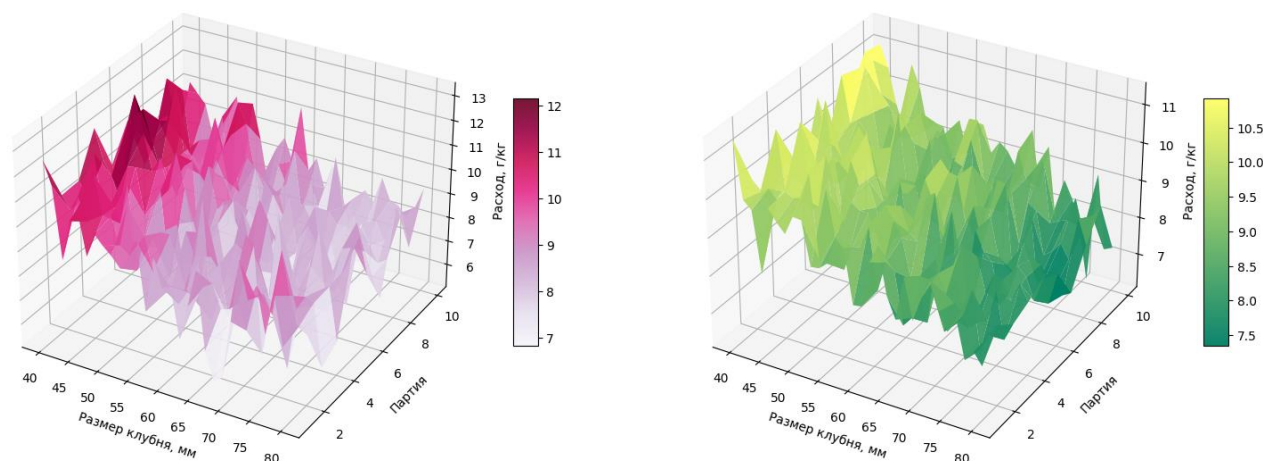


Рисунок 3 – Вариация толщины покрытия

Так до автоматизации вариация толщины покрытия составляла 9–16%, тогда как внедрения автоматизированного расчёта - снижалась до стабильных значений в пределах 2–6%. Что в свою очередь подтверждает высокую эффективность автоматизации: обеспечивается равномерное нанесение защитного слоя, уменьшается разброс параметров по размерам клубней и партиям семенного материала.



до использования программы

после использования программы

Рисунок 4 – Удельный расход препаратов

До автоматизации наблюдался большой расход препаратов (рисунок 4), что приводило к перерасходу. После автоматизации расчётов расход стабилизировался, а средний уровень снизился примерно на 8%. Это

говорит о более экономном и точном дозировании препаратов, что подтверждено лабораторными исследованиями контрольных проб. Распределение действующих препаратов стало более равномерным вне зависимости от размера клубня или номера партии.

Результаты лабораторных исследований показали, что автоматизация позволила не только снизить расход препаратов и увеличить стабильность толщины покрытия, но и упростить технологический процесс за счёт регулярных рекомендаций по дозировке раствора. Всё это полностью соответствует современным требованиям и нормативам ГОСТ. Система обеспечивает дозирование с точностью до 2%, устраняет арифметические ошибки и гарантирует высокое качество выполнения обработки перед посадкой.

Выводы.

Анализ расчетных и практических данных показал, что автоматизация расчётов технологии предпосадочной обработки позволяет сократить время технологической подготовки, устраняет вероятность арифметических ошибок, а также обеспечивает дозирование рабочих растворов с точностью до 2%, что соответствует актуальным требованиям ГОСТ. По результатам опытно-промышленной проверки значения скорости подачи на конвейере и времени контакта партии семенного картофеля в камере полностью соответствовали расчетным значениям, расход раствора и распределение препаратов были подтверждены в лабораторных анализах контрольных проб.

Тестовые расчёты на нескольких производственных партиях показали снижение удельного расхода реагентов примерно на 8% за счет исключения перерасхода препаратов; повысилась стабильность качества обработки (вариация толщины покрытия снизилась с 12% до 4%). Программа также позволила равномерно распределять препараты при изменении размера клубней и корректировать параметры в реальном

времени. С помощью встроенной функции расчета числа заправок и состава раствора для каждой загрузки оператор получил рекомендации по воде и препаратам, что снизило ошибки при приготовлении смеси на этапе дозирования.

Библиографический список

1. Войтюк М.М., Мачнева О.П., Стяжкин В.И., Войтюк В.А. Объемно-планировочные и технологические решения проектирования предприятий по хранению и обработке картофеля и плодовоовощной продукции: справ. - М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2019. - 220 с.

2. Патент № 218137 U1 Российская Федерация, МПК A01C1/00 (2006.01) Устройство для предпосадочной обработки картофеля: № 2023100113: заявл. 09.01.2023: опубл. 12.05.2023 /С. Н. Бoryчев, А.А. Назарова, Д.В. Колошеин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

References

1. Vojtyuk M.M., Machneva O.P., Styazhkin V.I., Vojtyuk V.A. Ob'emno-planirovochnye i tekhnologicheskie resheniya proektirovaniya predpriyatij po hraneniyu i obrabotke kartofelya i plodoovoshchnoj produkcii: sprav. - M.: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2019. - 220 s.

2. Patent № 218137 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01C1/00 (2006.01) Ustrojstvo dlya predposadochnoj obrabotki kartofelya: № 2023100113: zayavl. 09.01.2023: opubl. 12.05.2023 /S. N. Borychev, A.A. Nazarova, D.V. Koloshein [i dr.]; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Ryazanskij gosudarstvennyj agrotekhnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva".