автотракторостроении, но и на водном транспорте; транспорте горнодобывающей промышленности и других отраслях, в которых экологическим аспектам деятельности уделяется повышенное внимание.

Литература

1. **Черенков В. Г.** Клиническая онкология. – 3-е изд. – М.: Медицинская книга, 2010. – 434 с.
2. **Европа отказывается от дизельных моторов.** Официальный ресурс. Drive2ru / Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/721798> (дата обращения: 05.09.2018).
3. **Технический регламент таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств»** ТР ТС 018/2011 (с изм. на 11 июля 2016 года).
4. **Костюшин В.М.** Газ-топливо, ухудшающее экологию // Автомобильная промышленность. – 2007. – №9. – С.11-12.
5. **Kolbenev I.K., Kolpakov V.E., Soldatkin A.V.** Hydrogen diesel fuel engine for application on a universal tractor // Hydrogen Energy Progr. VIII. 7-th World Hydrogen Energy Conf. 25-29 September, 1988. – M. vol. 3. – Florida, USA. – P. 2095-2104.

Literatura

1. **Cherenkov V. G.** Klinicheskaya onkologiya. 3-e izd. – M: Medicinskaya kniga, 2010. – 4634 s.
2. **Evropa otkazivaetsa ot dizelnih motorov.** Oficialmiy resurs: Drive2ru / Regim dostupa: <https://www.drive2.ru/b/721798> (data obrashcheniya: 05.09.2018).
3. **Tehnicheskiiy reglament tamogennogo souza “O bezopasnosti kolesnih transportnih sredstv”** TR TS 018/2011
4. **Koustushin V.N.** Gaz-toplivo, ehedshaushee ekologiuy // Avtomobulnaya promishlennost. – 2007. – №9. – S. 11-12.
5. **Kolbenev I.K., Kolpakov V.E., Soldatkin A.V** Hydrogen diesel fuel engine for application on a universal tractor // Hydrogen Energy Progr. VIII. 7-th World Hidrogen Energy Conf. 25-29 sept., 1988. – M. vol. 3. – Florida, USA. – P. 2095-2104.

УДК 631.36

Канд. техн. наук **В.И. ШАМОНИН**
(ИАЭП - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ,
e-mail: shamonin-75@mail.ru)

Канд. техн. наук **А.В. СЕРГЕЕВ**
(ИАЭП - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Гл. специалист **Г.А. ЛОГИНОВ**
(ИАЭП - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАШИНЫ ДЛЯ МОЙКИ КАРТОФЕЛЯ И КОРНЕПЛОДОВ

В современных условиях моечные машины в составе технологической линии не обладают в достаточной степени свойствами универсальности, мобильности и гибкости, что в целом приводит к неэффективному использованию оборудования. При мойке вороха различных видов корнеклубнеплодов (картофель, морковь и свекла столовые и др.) снижается качество выходной продукции, которое зависит от особенностей конструкции моечного барабана.

Необходимость создания универсальной моечной машины вызвана прежде всего увеличением ассортимента производимой продукции (до 4-5 видов сельхозкультур) и, следовательно, повышением ее годовой загрузки, что способствует в конечном итоге росту эффективности всего производства и выхода соответствующего качества получаемой готовой продукции.

Универсальность моечной машины позволяет увеличить годовую загрузку оборудования на 25-30 % и, соответственно, сократить его простои в работе [1, 2]. Установлено, что универсальная моечная машина имеет свою область эффективного применения. Например, в условиях мелкого индивидуального производства сельхозпродукции целесообразно использовать универсальное оборудование, особенностью которого является возможность обработки различных видов продукции в общих технологических потоках.

Цель исследования – обосновать рациональные параметры и режимы работы универсальной машины для мойки корнеклубнеплодов.

Материалы, методы и объекты исследования. На основании проведенного анализа гибких технологических процессов и оборудования линий в ИАЭП – ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработана универсальная моечная машина барабанно-щеточного типа для мойки сельхозпродукции (картофеля и корнеплодов столовых) для крестьянских и фермерских хозяйств при предреализационной подготовке 1-го класса и «экстра» класса качества с объемами производства 500-1000 т [3, 4]. Разработанную универсальную моечную машину при необходимости можно перестраивать в процессе работы (в течение рабочей смены) в зависимости от культуры, назначения, качества готовой продукции и требований потребителя. При этом уровень комбинирования по расчетам составляет более $\phi_K > 0,5$, что делает процесс мойки наиболее эффективным [1, 2].

Рис. 1. Универсальная моечная машина барабанно-щеточного типа:

- 1 – рама; 2 – приемный лоток; 3 – барабан моечный; 4 – щеточные вставки;
5 – профильные планки; 6 – домывающее устройство; 7 – ванна,
8 – выгрузной лоток; 9 – привод

В настоящее время разработанная универсальная моечная машина в составе линии для предреализационной подготовки картофеля и столовых корнеплодов прошла экспериментально-производственную проверку в крестьянском (фермерском) хозяйстве К(Ф)Х Ширалиев Сеймур Октай Оглы Ленинградской области (рис. 1).

Машина состоит из рамы 1 приемного лотка 2, барабана моечного 3 с щеточными вставками 4 и специальными С-образными профильными планками 5, домывающим устройством 6, ванны 7, выгрузного лотка 8 и привода 9.

Принцип работы моечной машины следующий: обрабатываемый материал (клубнекорнеплоды) через приемный лоток подаются в моечный барабан, который погружен в ванну с водой до определенного уровня. Поступая во внутрь моечного барабана, корнеклубнеплоды подвергаются активному воздействию щеток. При постоянной подаче материала и за счет самовытеснения корнеклубнеплоды продвигаются вдоль моечного барабана и выгружаются специальным черпаком в домывающее устройство и далее в выгрузной лоток.

Конструкция моечного барабана состоит из набора специальных С-образных профильных планок, установленных по всей длине, между которыми располагаются щеточные вставки в количестве 9 штук, имеющих разную длину щетины (на входе более жесткие, на выходе мягкие). На выходе барабана установлено выгрузное и домывающее устройство с двумя форсунками. Привод осуществляется через мотор-редуктор посредством цепной передачи на вал барабана.

Для обоснования рациональных параметров и режимов работы универсальной моечной машины были проведены экспериментальные исследования. При предварительных испытаниях определили значимые факторы и уровень их варьирования (табл. 1), которыми являются частота вращения моечного барабана A , угол его наклона B и подача исходного материала C . Материал исследования - картофель, морковь и свекла столовые.

Таблица 1. Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Частота вращения барабана, мин ⁻¹	Подача исходного материала, т/ч.	Угол наклона барабана
Нижний уровень (-)	10	0,5	+2,5
Основной уровень (0)	20	1	0
Верхний уровень (+)	30	1,5	-2,5

Критерием оптимизации является качество мойки, которое определялось по уравнению [5]:

$$\delta = \frac{\sigma_{исх} - \sigma_{ост}}{\sigma_{исх}} \cdot 100\% \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $\sigma_{исх}$ - загрязненность исходная, %;

$\sigma_{ост}$ - загрязненность остаточная, %.

Загрязненность исходная определялась:

$$\sigma_{исх} = \left[\frac{m_1 - m_3}{m_3} \right] \cdot 100\%, \quad (2)$$

где m_1 - масса корнеклубнеплодов исходных, кг;

m_3 - масса корнеклубнеплодов, отмытых вручную, кг.

Загрязненность остаточная определялась по формуле:

$$\sigma_{ост} = \left[\frac{m_2 - m_3}{m_3} \right] \cdot 100\% \rightarrow \min, \quad (3)$$

где m_2 - масса корнеклубнеплодов, отмытых машиной, кг.

Качество мойки корнеклубнеплодов определяли после пропуска через машину не менее 30-50 кг исходного материала. Пробы брали за период времени накопления на выходе не менее 100 корнеклубнеплодов.

Результаты исследования. Основные показатели результатов экспериментальных исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2. Основные показатели результатов экспериментальных исследований

Частота вращения барабана, мин ⁻¹ (фактор А)	Подача исходного материала, т/ч. (фактор В)	Угол наклона барабана, град (фактор С)	Исходная загрязненность, %	Остаточная загрязненность, %	Качество мойки, %
10	0,5	0	2,64	0,02	99,2
30	0,5	0	2,83	0,03	98,9
10	1,5	0	1,96	0,04	98,0
30	1,5	0	1,891	0,028	98,5
10	0,5	-2,5	2,84	0,03	99,0
30	0,5	-2,5	2,6	0,03	98,8
10	1,5	2,5	2,17	0,03	98,6
30	1,5	2,5	2,33	0,07	97,0
20	1	-2,5	1,78	0,01	99,4
20	1	-2,5	1,98	0,01	99,5
20	1	2,5	2,345	0,03	98,7
20	1	2,5	2,18	0,054	97,5
20	1	0	2,35	0,004	99,8
20	1	0	1,91	0,013	99,3
20	1	0	1,89	0,005	99,7

Экспериментальные данные обрабатывались с помощью статистического пакета STATGRAPHICS Plus. После удаления незначимых коэффициентов получили уравнение регрессии:

$$\delta = 99,4 - 0,34A - 0,42B - 1,0C - 0,36AC - 0,3BC - 0,56C^2. \quad (4)$$

Графический анализ математической модели в виде поверхностей и их сечений для сочетаний факторов АВ, АС, СВ приведены на рис. 2,3,4.

Рис. 2. Поверхность отклика и её сечения при воздействии факторов В и С. Фактор А на нулевом уровне

Рис.3. Поверхность отклика и её сечения при воздействии факторов А и С.
Фактор В на нулевом уровне

Рис.4. Поверхность отклика и её сечения при воздействии факторов А и В.
Фактор С на нулевом уровне

Решение оптимизационной задачи по полученной математической модели (4) позволило получить оптимальные значения факторов (табл. 3), при которых достигается максимум зависимой переменной.

Таблица 3. Оптимальные параметры мойки корнеклубнеплодов

<i>Factor</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Optimum</i>
Factor A	-1,0	1,0	0,0524857
Factor B	-1,0	1,0	-0,999996
Factor C	-1,0	1,0	-0,608926

В результате экспериментальных исследований получены следующие оптимальные параметры и режимы работы универсальной моечной машины:

частота вращения барабана – $A = 16 \text{ мин}^{-1}$; угол наклона барабана – $B = 1,5 \text{ град.}$; подача исходного материала – $C = 1,0 \text{ т/ч.}$

Техническая характеристика универсальной моечной машины:

- производительность – до 3 т/ч;
- уровень шума – <70 Дб;
- питание – 380 В/50 Гц;
- мощность электродвигателя – 0,75 кВт;
- габаритные размеры (Д/Ш/В), мм – 2800/1100/1400;
- высота загрузки, мм – 1650,
- выгрузки, мм – 1000;
- диаметр барабана, мм – 800;
- длина барабана, мм – 1500;
- частота вращения вала моющего барабана, мин^{-1} – 16 (регулируется в пределах 10-20);
- количество щеток (съёмные), шт – 9;
- объем ванны, л – 200;
- масса, кг – 250 кг.

На основании проведенных экспериментальных исследований получены следующие основные технико-эксплуатационные показатели (табл. 4).

Таблица 4. Основные технико-эксплуатационные показатели универсальной моечной машины

Показатели	Морковь	Свекла (редька и др.)	Картофель
Производительность моечной машины, т/ч	1	1,5	2-3
Средняя масса выделенных загрязнений от состояния исходного вороха, %	3-6	1-3	1-3
кг/т	22,2	15,4	7,5
Годовой объем производства (за сезон), т	140	120 (60)	40
Трудозатраты, чел-ч/т (в составе технологической линии)	7	4,7	2,3-3,2
Расход воды, л/т	44,4	30,8	10-20
смену, л	400	400	200-400
Расход электроэнергии, кВт-ч/т	0,75	0,5	0,38-0,3

Основные экономические показатели универсальной моечной машины в составе гибкой технологической линии представлены в табл. 5.

Таблица 5. Основные экономические показатели универсальной моечной машины в составе гибкой технологической линии

Показатели	Морковь	Свекла (редька и др.)	Картофель
Средняя закупочная цена продукции (вороха), руб./кг	8 (15)	9 (16)	12(20)
Средняя цена реализации мытой продукции, руб./кг	14,5 (19-23)	15 (18)	17-20 (27)
Средняя прибыль, руб./кг	2-3	2-2,5	3-5

- средние цены (в скобках) представлены в осенний и весенний периоды закупки и реализации готовой продукции в зависимости от упаковки

Выводы. Таким образом, разработанная универсальная моечная машина позволяет проводить предреализационную подготовку в составе гибких технологических линий картофеля и столовых корнеплодов «экстра класса» качества в условиях крестьянских и фермерских хозяйств и обеспечить высокий уровень комбинирования ($\varphi_k > 0,5$). Экономический эффект от реализации после предреализационной подготовки картофеля и столовых корнеплодов составляет от 2 до 5 руб/кг готовой продукции (в зависимости от вида культуры и вида упаковки), срок окупаемости технологического оборудования – 1 год при объеме переработки не менее 500 т. При этом показатель качества мойки корнеклубнеплодов составил в среднем 98,8%.

Литература

1. Редькин А.К., Шадрин А.А. Гибкие технологические процессы лесоперерабатывающих цехов // Лесной вестник. – 2006. – №1 (43). – С.65 – 71.
2. Шадрин А.А. Технология и проектирование гибких лесоперерабатывающих процессов лесозаготовительных предприятий: автореферат дис... на соискание ученой степени доктора техн. наук – М., 2009.

3. Шамонин В.И., Сергеев А.В., Логинов Г.А. Гибкая технологическая линия предреализационной подготовки картофеля и столовых корнеплодов // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – Вып. 93. – С.77-83.
4. Устроев А.А., Захаров А.М., Логинов Г.А. Технологическая линия мойки картофеля // Техника и оборудование для села. – 2016 – №6. – С.34-36.
5. Орешин Е.Е., Логинов Г.А., Устроев А.А. Теоретические и экспериментальные исследования мойки картофеля в барабанной мойке машины // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2014. – Вып. 85. – С.36-45.

Literatura

1. Red'kin A.K., Spadrin A.A. Gibkie tekhnologicheskie processy lesopererabatyvayushchih cekhov // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta – Lesnoj vestnik. – 2006. – №1 (43). – P. 65-71.
2. Spadrin A.A. Tekhnologiya i proektirovanie gibkih lesopererabatyvayushchih processov lesozagotovitel'nyh predpriyatij: avtoreferat dis... na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhn. nauk. M.: Mosk. gos. in-t lesa, 2009.
3. Shamonin V.I., Sergeev A.V., Loginov G.A. Gibkaya tekhnologicheskaya liniya predrealizacionnoj podgotovki kartofelya i stolovyh korneplodov // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2017. – № 93. – P. 77-83.
4. Ustroev A.A., Zaharov A.M., Loginov G.A. Tekhnologicheskaya liniya mojki kartofelya // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2016. – № 6. – P.34-36.
5. Oreshin E.E., Loginov G.A., Ustroev A.A. Teoreticheskie i ehksperimental'nye issledovaniya mojki kartofelya v barabannoj mojke mashiny // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. – 2014. – № 85. – S.36-45.

УДК 519.68:532.7:541.182.41

Аспирант И.И. УСМАНОВ
(Университет ИТМО, ilhomusmanov@mail.ru)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ ВДОЛЬ ШНЕКОВОГО КАНАЛА ВОЛЧКОВ

Все более высокие требования к конструктивным, энергетическим и эксплуатационным характеристикам технологического оборудования пищевой промышленности и параметрам осуществляемых процессов, ставят задачу его совершенствования в ряд весьма актуальных. Широкое применение таких процессов, как резание, прессование, каландрование, экструзия, транспортирование и ряд других, делает решение задачи оптимизации шнековых механизмов, являющихся для них базовыми, чрезвычайно значимым.

Вопросам измельчения мясного сырья и других пищевых материалов посвящено значительное количество работ. Наряду с системным рассмотрением обобщенных процессов, осуществляемых в волчках и мясорубках, не нашла достаточного отражения задача определения закона распределения давления вдоль винтовой поверхности шнека с переменным шагом.

Процесс течения различных материалов, таких, как неньютоновские жидкости, упруго-вязко-пластические и твердообразные среды в каналах шнековых нагнетателей описан целым рядом исследователей. К основным, касающимся существа поставленной