DOI 10.35523/2307-5872-2021-34-1-48-53
УДК 631.354.026

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ

Алдошин Н.В., РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;
Цыгуткин А.С., РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;
Мосяков М.А., ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»;
Сибирёв А.В., ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

В статье отмечается, что наиболее энергоемкой отраслью сельского хозяйства остается растениеводство, на которое приходится 70 % всех затрат. Выполнен информационный анализ и синтез данных с применением сравнительного метода современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Рассматривается разработанная в «Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева» технология возделывания смешанных посевов, позволяющая произвести сбережения энергии на посеве и уборки до 60 %. Приводятся данные соотношения компонентов люпино-злаковой смеси при посеве: бобовая составляющая сорт белого люпина Дега 60 % по весу зерна и злаковая составляющая сорт тритикале «Амиго» 40 %. Представлена агротехническая оценка зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «Палессе GS-12» на уборке смешанных посевов очесывающей жаткой «Озон» ЖОН- 6 с гребенками, раствор зубьев которых увеличен, в сравнении с классической жаткой ЖЗК-6,0. Погектарный расход топлива зерноуборочного комбайна на уборке смешанных посевов ЖОН- 6 составил Р = 8,3 кг/га, а с классической жаткой ЖЗК- 6,0 составил Р = 15 кг/га. Потери семян за жаткой ЖОН- 6 не превысили агротехнических требований и составили 0,5 %, а потери за классической жаткой ЖЗК- 6,0 составили 1,3 %. Отказ от трудозатратных и энергоёмких процессов обработки почвы и применение посевных комплексов даёт экономию до 30 %. Применение технологии производства смешанных посевов позволяет снизить количество проходов агрегатов по полю, тем самым выполнить энерго- и ресурсосбережение, сохранить плодородие почвы, минимизировать загрязнения окружающей среды от продуктов сгорания топлива.

Ключевые слова: *смешанные посевы, энерго- и ресурсосбережение, белый люпин, тритикале, уборка, очёсывающая жатка*

Для цитирования: *Алдошин Н.В., Цыгуткин А.С., Мосяков М.А., Сибирёв А.В. Энерго- и ресурсосбережение при возделывании смешанных посевов // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 1 (34). С. 48-53.*

Введение. Перед сельскохозяйственным производством стоит задача обеспечения населения продовольствием. Также важной задачей является обеспечение животноводства полноценными кормами. Эффективным путем получения высокоэнергетического корма является возделывание смешанных посевов зернобобовых и зерновых колосовых культур [1; 2, с. 43-45; 3, с. 7-11].

Одним из сдерживающих факторов распространения таких посевов является нерешенный вопрос технологии их возделывания.

Учеными и специалистами агропромышленного комплекса предложено использование сберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, предусматривающих рациональное использование машин и посевных агрегатов в строгом соответствии с почвенно-климатическими условиями. Одним из главных условий успешной реализации таких технологий возделывания является применение сельскохозяйственных машин более высокого технического и технологического уровней [4].

Цель исследований – снижение затрат труда, энергии и ресурсосбережение с одновременным повышением урожайности возделываемых смешанных посевов.

Материал и методы. Выполнен информационный анализ и синтез данных с применением сравнительного метода современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Для снижения затрат труда, энергии и ресурсосбережения с одновременным повышением урожайности нами предлагается технология возделывания смешанных посевов, разработанная в «Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева», полевые исследования которой были проведены на опытных полях экспериментального хозяйства по селекции и семеноводству белого люпина ООО «ЭХССБЛ» (Мичуринский район, Тамбовской области).

Результаты и обсуждение. Технология состоит из посева и ухода за посевами, уборки и транспортировки урожая (рис.1). Альтернативы опрыскивателям и транспортным средствам не существует, основным резервом сбережения энергии при возделывании смешанных посевов остаются операции уборки и посева. На выполнение данных операций приходится до 60 % затрат энергии.

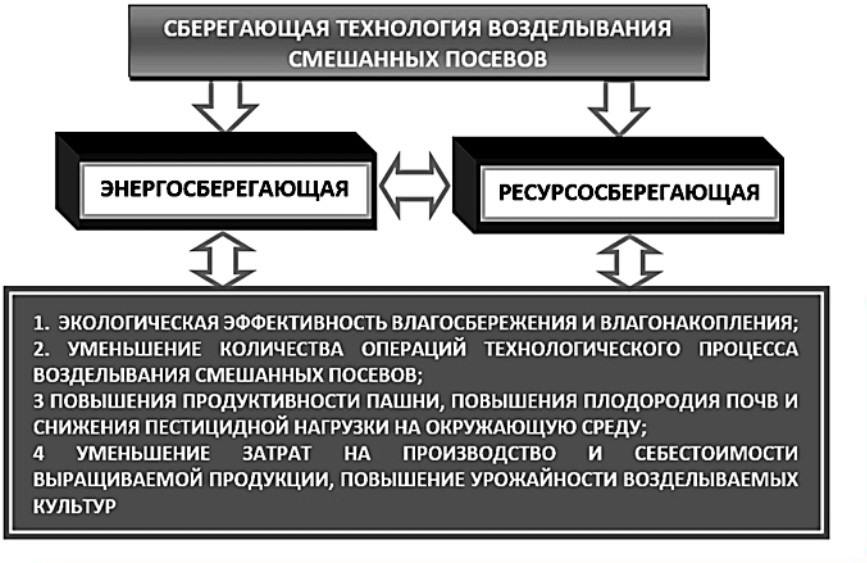

Рисунок 1 – Технология производства смешанных посевов

При проведении полевых исследований по возделыванию смешанных посевов (с бобовым компонентом) использовался сорт белого люпина Дега и сорт тритикале «Амиго». Для данной зернобобовой культуры характерна мощная корневая система, позволяющая накапливать большое количество симбиотического азота, усваивать из почвы труднодоступные соединения фосфора, калия и формировать урожай с содержанием в зерне до 40 % растительного белка.

Соотношение компонентов люпино-злаковой смеси таково: бобовая составляющая 60 % по весу зерна и злаковая составляющая 40 % (рис. 2). Обеспечить выполнение необходимого соотношения позволила норма высева семян белого люпина 1000000 шт/га и тритикале с нормой высева в 30-50 % от нормы высева для чистых посевов, соответственно – 1500000-2500000 шт/га.

Наиболее сложной операцией при возделывании данных посевов является уборка. Необходимо одновременно убирать культуры с различными физико-механическими и технологическими свойствами, при этом обеспечив качество обмолота семян при снижении их повреждаемости.

Агротехническую оценку зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «Палессе GS-12» проводили на уборке смешанных посевов, применяя индустриально-поточную технологию со способом отделения семенной части растений на поле, реализованную в очесе растений на корню очесывающей жаткой «Озон» ЖОН-6 с гребенками, раствор зубьев которых увеличен и с классической жаткой ЖЗК – 6,0 (рис. 3) [5, pp.1-11; 6, с. 10-12; 7, с. 33-36].

Рисунок 2 – Смешанный посев белого люпина с тритикале

Рисунок 3 – Уборка смешанных посевов очесывающей жаткой «Озон»

Для проведения энергетической оценки используемого на уборке смешанных посевов зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «Палессе GS-12» с жатками ЖОН-6 и ЖЗК-6,0 определяли расход топлива при различных режимах работы агрегата. При этой оценке использовали СТО АИСТ 8.20-2010 и СТО АИСТ 8.25-2010 [8].

Комбайн с навешенной очесывающей жаткой ЖОН-6 устанавливали в начале загона длиной 50 м предварительно, выставив ранее определенные технические настройки. Исследования проводились после калибровки датчика уровня топлива в топливном баке и наполненности его на 75 %.Убедившись в точности установленных параметров и выведя комбайн на оптимальные режимы работы, начиналось его движение по полю в предварительно обкошенной делянке, без остановок. При этом процесс уборки проводился на максимальных оборотах коленчатого вала двигателя, рекомендуемой поступательной скорости движения комбайна и частоты вращения ротора [9, pp. 259-267; 10, с. 23-30; 11, 13-19].

Во время полевых исследований рабочая скорость агрегата находилась в интервале допустимых агротехническими требованиями скоростей или рекомендуемых заводом изготовителем.

По окончании процесса уборки снимался показатель с датчика уровня топлива и определялась разница между конечным и начальным его значениями. Расход топлива на один гектар определялся по формуле:

$$P = \frac{P}{S}, \quad (1)$$

где P – погектарный расход топлива, л/га;

Q – разница между конечным и начальным значением датчика расхода топлива, л;

S – убранная площадь, га

Опыт проводился в 3-х кратной повторности. Затем определяли среднеарифметическое значение уровня расхода топлива.

После проведения серии опытов производили замену жатки ЖОН – 6 на классическую жатку ЖЗК – 6,0, последовательность проводимых опытов была та же самая.

Погектарный расход топлива зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «Палессе GS-12» с очесывающей жаткой «Озон» ЖОН-6 с гребенками, раствор зубьев которых увеличен на уборке смешанных посевов, составил 8,3 кг/га, а с классической жаткой ЖЗК-6,0 составил 15 кг/га.

Также после каждого прохода комбайна определяли потери семян $q_ж$, для этого использовали линейку агронома 1/4 м^2, которую накладывали 10 раз в пределах одного загона. Собранные семена взвешивали на весах и определяли их процент от общей массы семян по формуле [12, с. 23-27; 13, с. 79-85]:

$$q_ж = \frac{q}{U_б} \cdot 100 - \sum q_е \ , \qquad (2)$$

где q – потери семенами и бобами в рамке, г.;
$\sum q_е$ – естественные суммарные потери, %.

Потери семян смешанных посевов при уборке очесывающей жаткой «Озон» ЖОН-6 не превысили агротехнических требований и составили 0,5 %, а потери за классической жаткой ЖЗК-6,0 составили 1,3 %.

Также было определено, что во время работы очесывающей жатки в МСУ комбайна фактически подавался зерновой ворох, содержащий до 20 % соломистых примесей (рис. 4). Обработка такой массы значительно облегчалась, часть зерен была уже вымолочена после воздействия очесывающих гребенок. Зерноуборочный комбайн с очесывающей жаткой устойчиво работал при уборке массы влажностью до 30 %. Благодаря этому полевые исследования были начаты на 3-5 дней раньше, чем при уборке зерновой жаткой.

Рисунок 4 – Бункер зерноуборочного комбайна с убранной массой смешанных посевов

После применения индустриально-поточной технологии со способом отделения семенной части растений стебли полностью остаются на поле. Пожнивные остатки способствуют сохранению влаги в почве благодаря удержанию снежного покрова, защищают почву от прямых солнечных лучей, увеличивают её влажность и предотвращают от ветровой эрозии. Высокая стерня позволяет применять посевные комплексы и часто используется в севообороте. Используемый в смешанных посевах белый люпин представляет большую ценность в качестве предшественника из-за способности накапливать азот в почве.

Основным отличием предлагаемой технологии возделывания смешанных посевов является

отсутствие энергоёмких почвообрабатывающих операций. Значительная экономия на оплате труда, расходе топлива, и это позволяет говорить об энерго- и ресурсосбережении до 30 %. Также на поверхности поля остаются пожнивные остатки, что значительно снижает риск эрозии почвы.

Выводы. Предлагаемая технология возделывания смешанных посевов позволяет снизить затраты труда, энергии и произвести ресурсосбережение на посеве и уборке до 60 % с одновременным повышением урожайности возделываемых культур.

Агротехническая оценка зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «Палессе GS-12» на уборке смешанных посевов с очесывающей жаткой «Озон» ЖОН-6 и гребенками, раствор зубьев которых увеличен, позволила выявить экономию расхода топлива до 30 %.

Применение посевных комплексов позволило сэкономить до 30 % на оплате труда, ресурсе тракторов и расходе топлива с учётом отказа от трудозатратных и энергоёмких процессов обработки почвы.

Список используемой литературы

1. Мосяков М.А. Обоснование параметров рабочих органов очёсывающей жатки для уборки белого люпина: дис… канд. техн. наук. Москва, 2018.

2. Цыгуткин А.С., Шарагин А.И. Возделывание белого люпина в условиях центрального района нечернозёмной зоны // Владимирский земледелец. 2013. № 2-3 (68-69). С. 43-45.

3. Гатаулина Г.Г., Медведева Н.В., Цыгуткин А.С. Формирование урожая семян белого люпина в условиях Центрального Черноземья // Белый люпин. 2014. № 1. С. 7-11.

4. Курдюмов В.И. Технология и средства механизации гребневого возделывания пропашных культур. Ульяновск: Вега-МЦ, 2017.

5. Adisa A.F., Ndirika V.I.O., Yiljep Y.D. Determination of Optimum Operational Conditions of a Grain Stripper Header for Rice Harvesting in Nigeria // International Journal of Engineering and Technology. 2012. №. 2(7). pp.1-11.

6. Жалнин Э.В. Уборка с очесом на корню: за и против // Сельский механизатор. 2013. № 8. С. 10-12.

7. Алдошин Н.В., Кравченко И.Н., Лылин Н.А., Мосяков М.А. Проектирование очесывающих устройств для уборки сельскохозяйственных культур // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2019. № 9. С.33-36.

8. Федин М.А. Снижение потерь зерна за очёсывающей жаткой комбайна, разработкой и применением ротора, оснащённого гребёнками с тангенциальными каналами: дис. … канд. техн. наук. Пенза, 2018.

9. Milyutkin V.A., Borodulin I.V., Antonova Z.P., Stebkov N.T. Developing Universal Hardware for Harvesting Crops // EASTERN EUROPEAN SCIENTIFIC JOURNAL. 2014. № 3(52). pp. 259-267.

10.АлдошинН.В., Мосяков М.А. Результаты лабораторно-полевых исследований очеса белого Люпина // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2018. № 3(85). С.23-30.

11. Алдошин Н.В, Мосяков М.А. Выбор кинематического параметра работы очесывающей жатки «ОЗОН» // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: сб. Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием. Т.3. Изд-во ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА. 2017. С.13-19.

12. Алдошин Н.В., Мосяков М.А. Совершенствование конструкции очесывающих устройств для уборки зернобобовых культур // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2018. № 2(84). С.23-27.

13. Алдошин Н.В., Мосяков М.А., Семичев С.В. Конструктивнотехнологическая схема очесывающей жатки для уборки белого люпина // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 4 (29). С. 79-85.

References

1. Mosyakov M.A. Obosnovanie parametrov rabochikh organov ochesyvayushchey zhatki dlya uborki belogo lyupina: dis. … kand. tekhn. nauk. Moskva, 2018.

2. Tsygutkin A.S., Sharagin A.I. Vozdelyvanie belogo lyupina v usloviyakh tsentralnogo rayona nechernozemnoy zony // Vladimirskiy zemledelets. 2013. № 2-3 (68-69). S. 43-45.

3. Gataulina G.G., Medvedeva N.V., Tsygutkin A.S. Formirovanie urozhaya semyan belogo lyupina v usloviyakh Tsentralnogo Chernozemya // Belyylyupin. 2014. № 1. S. 7-11.

4. Kurdyumov V.I. Tekhnologiya i sredstva mekhanizatsii grebnevogo vozdelyvaniya propashnykh kultur. Ulyanovsk: Vega-MTs, 2017.

5. Adisa A.F., Ndirika V.I.O., Yiljep Y.D. Determination of Optimum Operational Conditions of a Grain Stripper Header for Rice Harvesting in Nigeria // International Journal of Engineering and Technology. 2012. №. 2(7). S. 1-11.

6. Zhalnin E.V. Uborka s ochesom na kornyu: za i protiv // Selskiy mekhanizator. 2013. № 8. S. 10-12.

7. Aldoshin N.V., Kravchenko I.N., Lylin N.A., Mosyakov M.A. Proektirovanie ochesyvayushchikh ustroystv dlya uborki selskokhozyaystvenny khkultur // Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya. 2019. № 9. S.33-36.

8. Fedin M.A. Snizhenie poter zerna za ochesyvay ushchey zhatkoy kombayna, razrabotkoy i primeneniem rotora, osnashchennogo grebenkami s tangentsialnymi kanalami: dis. … kand. tekhn. nauk. Penza, 2018.

9. Milyutkin V.A., Borodulin I.V., Antonova Z.P., Stebkov N.T. Developing Universal Hard ware for Harvesting Crops // EASTERN EUROPEAN SCIENTIFIC JOURNAL. 2014. № 3(52). S. 259-267.

10. Aldoshin N.V., Mosyakov M.A. Rezultaty laboratorno-polevykh issledovaniy ochesa belogo lyupina // Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatelnogo uchrezhdeniya vysshego professionalnogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina». 2018. № 3(85). S. 23-30.

11. Aldoshin N.V., Mosyakov M.A. Vybor kinematicheskogo parametra raboty ochesyvayushchey zhatki «OZON» // Sb. Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem «Agrarnaya nauka v usloviyakh modernizatsii i innovatsionnogo razvitiya APK Rossii». T.3. Izd-vo FGBOU VO Ivanovskaya GSKhA. 2017. S.13-19.

12. Aldoshin N.V., Mosyakov M.A. Sovershenstvovanie konstruktsii ochesyvayushchikh ustroystv dlya uborki zernobobovykh kultur // Vestnik Federalnogo gosudarstvennogo obrazovatelnogo uchrezhdeniya vysshego professionalnogo obrazovaniya «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina». 2018. № 2(84). S.23-27.

13. Aldoshin N.V., Mosyakov M.A., Semichev S.V. Konstruktivnotekhnologicheskaya schema ochesyvayushchey zhatki dlya uborki belogo lyupina // Agrarnyy vestnik Verkhnevolzhya. 2019. № 4 (29). S. 79-85.

DOI 10.35523/2307-5872-2021-34-1-54-63
УДК 631.3

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ, СЕМЕНОВОДСТВА, ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ ТЕХНИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

Давыдова С.А., ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»;
Чаплыгин М.Е., ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»;
Попов Р.А., ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Для развития производства волокнисто-целлюлозного сырья в России, получения масла для применения в медицине, косметологии, химической промышленности важными техническими культурами являются лен-долгунец и техническая конопля. Для достижения рентабельности их производства необходимо учитывать особенности возделывания культур, соблюдать все агротехнические требования, а также уделять пристальное внимание посевной и уборочной технике, механизации процессов селекции и семеноводства. В статье рассматриваются вопросы технической оснащенности для выполнения технологических операций при возделывании, уборке и послеуборочной обработке льна-долгунца и технической конопли в селекции и первичном семеноводстве, затрагивается текущее состояние производства данных технических культур. Представлены основные разработчики и производители техники и оборудования для селекции и первичного семеноводства. Выявлены основные проблемы в механизации селекции и семеноводства льна-долгунца (дефицит отечественной специализированной техники для этапов посева (сеялки с междурядьем в пределах 6 см и глубиной посева 2 см) и уборки урожая (теребилки, оборачиватели, вспушиватели, пресс-подборщики) и технической конопли – механизация процессов посева и уборки культуры, поскольку все остальные операции (обработка почвы, внесение удобрений и уход за посевами) выполняются машинами общего назначения. Определены основные направления развития механизации селекции и семеноводства технических культур.

Ключевые слова: *технические культуры, лен-долгунец, техническая конопля, селекция, семеноводство, техническое оснащение.*

Для цитирования: *Давыдова С.А., Чаплыгин М.Е., Попов Р.А. Машины и оборудование для селекции, семеноводства, возделывания и уборки технических культур // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 1 (34). С. 54-63.*

Введение. На сегодняшний день лен-долгунец и техническая конопля являются основными отечественными источниками волокнистого сырьевого продукта, в котором нуждается не только текстильная промышленность, но и военно-промышленный комплекс, медицина, космос, автомобилестроение и другие отрасли народного хозяйства, поскольку хлопок перешел в разряд импортного сырья. Уникальные свойства этих культур определяют высокий спрос волокна и семян льна-долгунца и технической конопли как в России, так и за рубежом. Практически вся продукция льноводства и коноплеводства является безотходной, полностью перерабатывается и доводится до конечного потребителя [1].

Посевные площади льна-долгунца в Российской Федерации в 2019 г. составили 49,7 тыс. га, производство льноволокна – 38,5 тыс. т, при урожайности 8,7 ц/га. Выращивание льна-долгунца велось более, чем в 20 субъектах Российской Федерации. Крупнейшими регионами по производству льноволокна стали Омская (5,5 тыс. т) и Тверская (5,0 тыс. т) области, Алтайский край (4,9 тыс. т), а также Смоленская область (3,6 тыс. т) [2].

Посевные площади конопли в 2019 г. составили 9,7 тыс. га, валовый сбор пеньковолокна – 2,4 тыс. т (однако данные показатели на порядок меньше валового сбора 1990 года), при

урожайности пеньковолокна – 3,6 ц/га. Крупнейшими коноплесеющими регионами являются Пензенская (3,8 тыс. га), Нижегородская (1,4 тыс. га) и Курская (1,3 тыс. га) области, а также Республика Мордовия (1,1 тыс.га) [2]. При этом образовалось около десятка крупных предприятий по производству и переработке технической конопли: Группа компаний «Коноплекс» (г. Москва), ООО «Нижегородские волокна конопли» (Нижегородская область.), ЗАО Агрофирма «Южная» (Курская область), ООО «Мордовские пенькозаводы» (Республика Мордовия, г. Инсар) и др.

В настоящее время созданы благоприятные условия и предпосылки для быстрого развития селекции и семеноводства технических культур – в регионах восстанавливается производственная база, возрождаются технологии и традиции выращивания льна-долгунца и технической конопли. Согласно прогнозу Минсельхоза России к 2025 году ожидается рост производства прядильных культур: валового сбора льноволокна – до 52,6 тыс. т (в 1,4 раза); пеньковолокна – до 10,0 тыс. т (в 4,2 раза). Для достижения рентабельности их производства необходимо учитывать особенности возделывания культур, соблюдать все агротехнические мероприятия, а также уделять пристальное внимание не только посевной и уборочной технике, но и механизации процессов селекции и семеноводства.

Цель исследований. Определить уровень технического обеспечения селекционной деятельности предприятий, занимающихся сортоиспытаниями и первичным семеноводством льна-долгунца и технической конопли, выявить основные направления развития сельскохозяйственной техники.

Материалы и методы. Исследовали базы данных Федеральной службы государственной статистики, каталоги продукции основных разработчиков и предприятий-изготовителей специализированной селекционной техники, информационные материалы российских научных и образовательных учреждений, научные статьи и аналитические обзоры. В процессе исследования применялись методы сравнительного и системного анализа данных, экспертной оценки.

Результаты и обсуждение. Технология возделывания льна на семена основывается на применении специальных приемов: разреженный посев (до 6 млн всхожих семян на 1 га), система удобрений, направленная на максимальную семенную продуктивность, применение регуляторов роста, укорачивающих стебель, усиливающих ветвление и образование коробочек на растении, при необходимости десикация посевов, уборка семян в фазе полной спелости [3]. Машины для комплексной механизации селекции и семеноводства льна представляют собой систему, которая образуется в соответствии с технологией работ в льноводстве: подготовка почвы под посев льна, подготовка семян к посеву, уход за растениями (проводятся машинами и орудиями общего назначения, технология выполняемых работ обычно везде одинакова); уборка, обмолот и переработка льна (имеются несколько различных технологий) [4]. В селекции и семеноводстве безнаркотической конопли особенно остро стоят вопросы механизации процессов посева и уборки культуры, поскольку все остальные операции (обработка почвы, внесение удобрений и уход за посевами) выполняются машинами общего назначения.

Основная обработка почвы. Все операции по возделыванию льна-долгунца и конопли (обработка почвы, внесение удобрений и уход за посевами), выполняются машинами общего назначения. Например, ЗАО «Рубцовский завод запасных частей» (г. Барнаул) производит плуги оборотные PERESVET ППО-8-35, предназначенные для гладкой пахоты на глубину 20-30 см под зерновые, технические и овощные культуры. Оборотный плуг агрегатируется с тракторами мощностью 300-420 л.с. как отечественного (К-744Р2, К-744Р3, К-744Р4), так и импортного производства (Case-340, John Deere 8 серии и др.) [5].

Предпосевная обработка почвы. На слабозасоренных многолетними сорняками супесчаных и легкосуглинистых почвах ранневесеннюю обработку выполняют сцепкой зубовых борон в два следа, на более тяжелых по механическому составу уплотненных почвах и на почвах, засоренных многолетними сорняками, начинать первую обработку следует с рыхления культиваторами типа КПС-4, КСО-4, КПН-4 на глубину 10-12 см с одновременным боронованием или боронованием сцепкой борон сразу же вслед за культивацией. На избыточно увлажненных участках культивацию выполняют без боронования. На пашне с полупаровой ос-

новной обработкой глубина весеннего рыхления почвы не должна превышать глубину последней осенней культивации [4]. Так ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш» (г. Ростов-на-Дону) производит культиваторы серии R (R-820, R-1020, R-1220), предназначенные для поверхностной и предпосевной обработки почвы и ухода за парами на глубину 6-15 см. Культиваторы адаптированы для работы в различных почвенно-климатических условиях, трехсекционные модели имеют ширину захвата 8,2; 10,2 и 12,2 м, агрегатируются с тракторами мощностью от 180 до 350 л.с. [6]. АО «Евротехника» (г. Самара), как одно из ведущих российских сельскохозяйственных машиностроительных предприятий по производству технологических комплексов машин для возделывания зерновых, масличных культур по современным ресурсосберегающим технологиям, производит широкий спектр почвообрабатывающей техники. Например, навесной комбинированный культиватор Pegasus со стрельчатой лапой обеспечивает требуемое качество работы на твердых почвах и при большом количестве соломы и предназначен для обработки почвы на глубину 7-20 см. Дисковые бороны Catros (Catros Special, Catros-2TS, Catros-2TX, Catros+ 12003-2TS) предназначены для рыхления и подготовки почвы под посев, уничтожения сорняков и измельчения пожнивных остатков, разделки пластов почвы, предпосевной подготовки почвы без предварительной вспашки и обработки после уборки толстостебельных культур с одновременным прикатыванием обработанной почвы на мелкоконтурных полях [7]. Навесная компактная дисковая борона Catros имеет низкую тяговую потребность машины с шириной захвата 3-6 м, однако работа проходит на высокой скорости и с высокой производительностью. Опорные дисковые катки уплотняют обработанную почву, что позволяет защитить ее от эрозии. Кроме того, дисковые бороны Catros уплотняют почву после прохода агрегата посредством клиновидного катка [7]. Дисковые бороны DANA (ЗАО «Рубцовский завод запасных частей») предназначены для ресурсосберегающей предпосевной и основной обработки почвы на глубину 8-15 см под технические культуры, уничтожения сорняков, измельчения пожнивных остатков, омоложения лугов и пастбищ. Дисковые бороны эффективны в работе на почвах, не засоренных камнями, плитняком и другими препятствиями, обеспечивая крошение почвы на комки не более 25 мм [5].

Предпосевную культивацию почвы проводят на глубину 8-10 см с одновременным боронованием, при необходимости в двух перекрестных направлениях, используя широкозахватные и высокопроизводительные полукомбинированные агрегаты-культиваторы. Для равномерной заделки семян при посеве, притока влаги из нижних слоев почвы к месту расположения семян, появления дружных всходов завершающим приемом предпосевной обработки почвы является прикатывание, которое осуществляют кольчато-шпоровыми, кольчатозубчатыми или гладкими водоналивными катками. Применяют прикатывание на легких по механическому составу почвах, на полях с весенней вспашкой и на средних суглинках в условиях засушливой погоды, вместо культивации можно проводить боронование в четыре следа с последующим прикатыванием. При раздельном применении приемов предпосевной подготовки почвы с использованием однооперационных орудий увеличивается число проходов обрабатывающей техники по полю, что приводит к излишнему уплотнению почвы, распылению ее поверхности, ухудшению агрофизических свойств пахотного и нижележащих слоев, а также увеличению себестоимости продукции. В связи с этим на заключительной стадии предпосевной подготовки вместо выравнивания и прикатывания, а иногда и боронования, более эффективно применение комбинированных почвообрабатывающих агрегатов и выравнивателей-измельчителей, при этом прибавка урожая льноволокна и, в частности, длинного, составляет порядка 15,5-23,2 % [4]. АО «Евротехника» выпускает универсальный комбинированный агрегат Centaur, состоящий из культиватора и дисковой бороны, прицепной, четырехбалочный используется для любой области применения от неглубокой обработки стерни до глубокого рыхления и является наилучшей альтернативой плуга. В качестве выравнивающих элементов служат расположенные в два ряда по системе Catros сферические диски. Задний уплотняющий каток с клинообразными дисками прикатывает почву полосами. Комбинация рабочих органов, большие проходы в совокупно-

сти работ позволяют обеспечить широкий диапазон применения и хорошие условия для мульчированного посева. При оптимальном качестве работы и высокой производительности рабочие органы имеют низкую степень износа [7].

Посев. Поскольку лен высевают с небольшим междурядьем (около 6 см), а также на небольшую глубину (+/– 2 см), для посева необходимы специальные сеялки, в то время как основное количество посевных машин на российском рынке поставляется для производства зерновых и кормовых культур и имеет междурядье более 10 см. В связи с этим ряд научных организаций и промышленных предприятий производят на заказ селекционные льняные сеялки. Сеялка для льна СПУ-6Л (СПУ-6Д), поставляемая ООО «Группа компаний «Спецкоммаш» (г. Нижний Новгород), предназначена для рядового посева льна и обеспечивает надежную работу на почвах, подготовленных к посеву в соответствии с требованиями к качеству на предпосевную обработку (таблица 1). В зависимости от высеваемой культуры норму высева можно изменять от 1,8 до 400 кг/га и глубину заделки семян в пределах требований к каждой культуре [8]. В ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» разработаны и производятся под заказ: сеялка льняная рядковая СЛ-16 для посева семян льна на третьем этапе работ в селекции, государственном сортоиспытании и первичном семеноводстве; сеялка льняная комбинированная СК-1,8 для поверхностной обработки почвы и высева семян льна на этапах размножения в первичном семеноводстве (таблица 1) [9]. Для формирования лунок под посев льна в луночных питомниках по схеме 2,5 х 2,5 см предназначен селекционный маркер СМ-468, который формирует 468 лунок за одну установку. Использование селекционного маркера СМ-468 позволяет повысить производительность труда в 3,6 раза, снизить прямые издержки на 30 % и вдвое сократить сроки посева льна в луночных питомниках. Затраты ручного труда при посеве снижаются более, чем в пять раз. Технические характеристики селекционного маркера СМ-468: глубина лунки – 12 мм; диаметр лунки – 6 мм; габаритные размеры – 705 х 545 х 95 мм; число рядков – 10 шт.; масса маркера – 7,5 кг [9].

Таблица 1 – Технические характеристики селекционных сеялок

Наименование параметра	Значение параметра			
	ООО «Группа компаний «Спецкоммаш»		ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»	
	СПУ-6Л	СПУ-6Д	СЛ-16	СК-1,8
Ширина междурядий, см	6,25	12,5	7,5	
Число рядков, шт	96	48	21	24
Ширина захвата, м	6		1,6	1,8
Производительность, га/ч	5,4-7,1		1,0	1,3
Глубина заделки семян, см	в пределах требований к каждой культуре		1…3	
Габаритные размеры, мм	7000х2380х2015		1600х1800х1500	1800х2200х1500
Масса, кг	1230	1470	320	530

Посев конопли следует осуществлять в ранние сроки, когда почва на глубине 10 см прогревается до 8°С. Норму высева семян (80-100 кг/га) устанавливают с учетом целей возделывания, глубина посева на суглинистых почвах составляет 3-4 см. При возделывании конопли на семена применяется широкорядный посев с междурядьями в зоне возделывания среднерусской конопли 45 см, южной – 45-70 см, при выращивании семян элиты первой и второй репродукции – рядовой способ [3].

Уход за посевами технических культур включает стандартные меры борьбы с сорными растениями, способы защиты от характерных болезней и вредителей и осуществляется универсальными техническими и соответствующими химическими средствами [3, 4].

Уборка льна. Сроки проведения уборочных работ определяют, прежде всего, по спелости семян. Семеноводческие посевы следует убирать комбайнами с одновременным отделением коробочек в фазе желтой спелости, когда число

зеленых семян не превышает 5 %. Оптимальный срок продолжительности уборки составляет в среднем восемь дней. Преждевременная уборка (как и чрезмерно затянутая) приводит к снижению урожайности семян на 0,5-1,5 ц/га, всхожести – 9-13 % [3].

В мировой практике существуют следующие технологии уборки льна-долгунца: сноповая, комбайновая, раздельная (двухфазная). Сноповая уборка льна-долгунца в настоящее время применяется только в селекции и семеноводстве и является крайне трудоемкой (затраты труда – до 200 чел. час/га). Комбайновая технология включает в себя следующие основные операции: теребление льна с одновременным очесом семенных коробочек и расстилом соломки в ленты на льнище (затраты труда – 70 чел. ч/га). Раздельная технология уборки включает теребление льна, расстил его на поле в ленты, естественную сушку лент льна, их подъем и очес семенных коробочек, расстил очесанных лент льносоломы на льнище (затраты труда аналогичны комбайновой технологии) [10]. После просушки стеблей в ленте для их дальнейшего подбора и очеса используются подборщики-очёсывали. Льняной ворох отвозят на тока для дальнейшей обработки, солому расстилают для получения тресты. Способ обеспечивает получение качественных семян и волокна, однако из-за того, что не решен вопрос сушки ленты в полевых условиях и большинство льнохозяйств не располагает совершенными подборщиками-очесывателями, применение данного способа ограничено. Для решения вопроса сушки ленты ведутся работы по созданию разновидности раздельного способа – шатровой технологии, которая предусматривает машинное теребление с расстилом стеблей в ленты, провяливание в течение 12-24 ч, постановку лент в шатры, обмолот после высыхания стеблей и дозревание семян [10].

Известным производителем специализированной сельскохозяйственной техники в Российской Федерации для уборки льна является ООО ПО «Завод Бежецксельмаш» (Тверская область). Льнокомбайн ЛК-4Д (ЛК-4А) предназначен для уборки льна-долгунца в период ранней желтой и желтой спелости (таблица 2). Комбайн оборудован транспортером вороха, который позволяет собирать ворох в универсальные тракторные прицепы. Применение комбайна ЛК-4Д позволяет значительно уменьшить срок вылежки льнотресты в поле, повышает равномерность тресты и выход длинного волокна высоких номеров [11]. ООО «Группа компаний «Спецкоммаш» поставляет на отечественный рынок комбайн льноуборочный ЛЕН-4М, предназначенный для теребления льна-долгунца (табл. 2). Для более эффективной уборки льна используется отечественный льнокомбайн КЛ-1,5 «Русич», разработанный ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», и его модификации: «Селигер», «Валдай», «Тверца» (таблица 2).

Таблица 2 – Технические характеристики льнокомбайнов

Наименование показателя	Значение показателя					
	ООО ПО «Завод Бежецксельмаш»		ООО «Группа компаний «Спецкоммаш»	ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»		
	ЛК-4Д	ЛК-4А	ЛЕН-4М	КЛ-1,5 «Русич»	КЛ-1,5 «Селигер»	КЛ-1,5 «Валдай»
Производительность, га/ч	до 1,0			до 1,2	до 1,0	до 1,1
Рабочая скорость, км/ч	до 7	до 8	до 7	до 8	до 6	до 7
Ширина захвата, м	1,52					
Чистота теребления, %	не менее 99					
Полнота очеса, %,	не менее 98					
Потери семян, %	не более 4,0					
Габаритные размеры (в рабочем положении), мм	6000 х 4650 х 2700	5700 х 4600 х 2700	6000 х 4650 х 3570	5170 х 3540 х 2450	5550 х 3500 х 2700	6000 х 3800 х 2700
Масса машины, кг	2100	1900	2100	2000	2050	2100

Комбайн КЛ-1,5 «Русич» предназначен для теребления льна-долгунца с одновременным очесом семенных коробочек, сбором очесанного вороха в универсальный тракторный прицеп и расстилом стеблей в ленту. Отличается новым теребильным аппаратом, состоящим из четырех попарно сходящихся теребильных ручьев, что сокращает количество теребильных ремней в аппарате в 2 раза. Вместо цепного поперечного транспортера в конструкции применен новый ременно-дисковый поперечный транспортер, состоящий из двух ветвей ременных ручьев с ведущими и ведомыми шкивами и поддерживающими роликами (Патенты РФ № 2005340, № 2171564). Особенностью комбайна является возможность ускорения вылежки льнотресты, сокращая ее продолжительность на 3-10 суток, что повышает однородность тресты по степени вылежки, разрывному усилию и цвету волокна, улучшает качество тресты до одного сортономера, повышает выход длинного волокна на 1,1-2,5 % (абсолютных) и его качество на 0,3-0,8 номера [9].

Основной операцией при уборке льна является теребление стеблей. Поэтому совершенствование процесса работы и конструкции теребильных машин, с целью повышения эффективности, является важной задачей, имеющей практическое значение для льноводства [10]. Для теребления льна также применяются отечественные навесные теребилки ТЛН-1,5А, ТЛ-1,9М и прицепная ТЛП-1,5К. Теребилки используются на небольших площадях, а также для образования проходов между загонами перед работой других теребильных машин. В западноевропейских странах выпускаются машины для теребления как прицепные, так и самоходные, с одинарным или сдвоенным теребильным аппаратом фирм Union (Бельгия), Dehondt (Франция) и др. Например, бельгийские льнотеребилки U-22 и GE-220 содержат теребильный аппарат, состоящий из секций с ремнями, огибающими шкивы и ролики, сходящимися попарно, и размещенные сзади секций расстилочные транспортеры, раму с ходовой частью, на которой смонтированы все технологические органы. Машины самоходные, прямоточные формируют при работе одновременно две ленты льна, которые расстилаются на той же полосе, с которой вытереблены растения. Машины обладают высокой технологической надежностью и производительностью, однако поскольку данные теребилки очень дорогие и используются только во время уборки льна, сроки окупаемости данных машин велики [12].

Другим слабым местом в отечественном производстве льна, по мнению экспертов, является изготовление оборачивателей, и селекционные хозяйства вынуждены приобретать европейскую или белорусскую технику [12]. Например, оборачиватель лент льна ОЛ-140 «Долгунец» (ОАО «БобруйскАгромаш», Республика Беларусь) предназначен для оборачивания лент льносоломы в процессе вылежки в тресту, а также перед подбором тресты с целью ее естественной сушки и улучшения условий для уборки (табл. 3).

Таблица 3 – Технические характеристики оборачивателей лент льна

Наименование показателя	Значение показателя		
	ОАО Бобруйск Агромаш», Республика Беларусь	ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»	
	ОЛ-140 «Долгунец»	ОЛС-01	оборачиватель лент льна
Производительность, га/ч	0,85	до 1,5	до 1,2
Ширина захвата, лент	1	1	
Рабочая скорость, км/ч	8	до 14	до 10
Габаритные размеры, мм	5300x3800x2800	4200x2200x2600	3460x1500x2010
Масса, кг	980	2300	650

Допускается использовать оборачиватель непосредственно перед подъемом льнотресты. Машина имеет следующие преимущества перед аналогами: визуально контролируется наведение подборщика на ленту в оптимальном секторе обзора оператора; увеличена ширина лент оборачивающего и расстилочного транспортеров; ширина расстилочной камеры позволяет стеблям льна беспрепятственно проходить даже в случае существенного смещения подборщика по ширине ленты; высокая надежность конструкции колков транспортеров и подбирающих зубьев подборщика; устойчивый ход на высокой скорости благодаря двум опорным пневматическим колесам [13]. Среди отечественных оборачивателей известны оборачиватель лент льна и самоходный оборачиватель ОЛС-01 (разработки ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»). Самоходный оборачиватель ОЛС-01 предназначен для отрыва от земли ленты льнотресты и ее вспушивания, что способствует повышению качества льносырья в лентах и созданию благоприятного фона для использования рулонных пресс-подборщиков (таблица 3). Отличается высокой точностью выполнения работ, эргономикой и высокой производительностью. Его использование в процессе вылежки тресты способствует сохранению исходного качества льносырья. Оборачиватель лент льна имеет аналогичное с оборачивателем ОЛС-01 назначение, основными достоинствами являются простота конструкции оборачивающего транспортера и технологическая надежность. Относительно небольшая масса машины делает ее маневренной и менее энергоемкой [9].

Уборка конопли. При уборке семенного материала технической конопли основной задачей является качественное проведение сортопрочистки (удаление поскони), которая проводится на семеноводческих посевах до цветения конопли для уборки семян с максимально соответствующими сортовыми характеристиками. После подработки семена сдаются в лабораторию на проверку соответствия ГОСТ Р 52325-2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества», проходят сертификацию. Поэтому важно наличие специализированного оборудования, с помощью которого можно доводить семена до кондиции от первичной подработки до финишной [14].

В зависимости от целевого назначения коноплю убирают в один прием (прямая уборка) или раздельно. При раздельной уборке из отечественной техники используют коноплежатку ЖК-1,9 (производства ООО ПО Завод «Бежецксельмаш»). Жатка включает в себя режущий аппарат, травоотводитель, секционный и игольчатый транспортеры, подбойку, привод, сницу и сменные части – вязальный и расстилочные рабочие органы, агрегатируется с тракторами мощностью 80 л.с. [3]. При выращивании на семена на жатку устанавливают вязальное орудие, с помощью которого срезанные растения связываются перевяслом в снопы диаметром не толще 25 см и устанавливаются в суслоны. После сушки в течение 5-8 дней снопы влажностью не выше 30 % обмолачивают на прицепной молотилке лубяных культур МЛК-4,5А (также производства ООО ПО Завод «Бежецксельмаш»). Молотилка производит очес снопов, перетирание вороха и очистку семян. Обмолот осуществляется в поле при переезде от суслона к суслону (остатки стеблей отдельно вывозятся с поля) или на току из скирд. Молотилка агрегатируется с трактором той же мощности, что и жатка, обмолачивает снопы, перетирает ворох и очищает от него семена. [3].

Для комбайновой уборки среднерусской и южной конопли ранее также использовались отечественные прицепные коноплеуборочные комбайны ККП-1,8 (производительность 0,5-0,8 га/ч) и ККУ-1,9 (ширина захвата – 1,75 м, производительность до 1,1 га/ч.). В настоящее время производство данной техники прекращено, ООО ПО Завод «Бежецксельмаш» может изготовить коноплеуборочную технику (коноплежатки) только под заказ (при 100 % предоплате и определенном количестве машин) [11]. В последнее время для уборки семенных посевов конопли применяются классические зерноуборочные комбайны (Енисей 1200 НМ, Дон-1500Б и др.).

Из-за острой нехватки отечественных машин для возделывания технической конопли используется зарубежная техника. Например, для уборки культуры по технологии «Alpha», разработанной в 2006 г. компаниями Tebeco и Canabia a.s. (Чешская Республика), применяют-

ся жатки SCHUM 4.2 HH (для срезки растений с малоразветвленным стеблем высотой до 2 м) и Clipper 4.3 MMH. Жатки оснащены тремя специальными ножами-триггерами длиной 3-4 м, которые, в зависимости от дальнейшего использования сырья, режут стебли на одну, две, три или четыре части, длиной 500-1100 мм. Благодаря триггерам обеспечивается высокая скорость скащивания и, соответственно, хорошая производительность (4-5 га/ч). Режущий инструмент складывается и приводится в рабочее или транспортное положение механико-гидростатическим приводом [15]. Для прямой механизированной уборки конопли используются коноплеуборочные комбайны, предназначенные для одновременного сбора и обмолота конопли высотой 1-3 м. Сегодня на рынке лидируют зарубежные комбайны для сбора конопли John Deere, Claas, Deutz Fahr, New Holland, «Гомсельмаш», Massey Ferguson, CASE и др., из бюджетных машин для небольших хозяйств – HEMP HARVESTER KOKO 1620 (Болгария), AGRIUNION 4LZ (Китай) MultiCombine HC 3400 Hemp (Германия) и др. Крупные отечественные коноплесеющие хозяйства для уборки своих посевных площадей применяют зарубежную технику. Например, ООО «Мордовские пенькозаводы» использует комбайны немецкого производства Deutz Fahr, которые, срезая стебель, режут его на части по 40-60 см и одновременно обмолачивают семена. Группа компаний «Коноплекс», которая занимается культивированием современных сортов конопли среднерусского экотипа «Сурская», «Надежда», «Вера», изменив технологию высева путем увеличения ширины междурядий, осуществляет уборку белорусским зерноуборочным комбайном «ПАЛЕССЕ GS12» производства ОАО «Гомсельмаш» [14].

Послеуборочная обработка. Среди производителей оборудования для обмолота и очистки семян льна в селекции и первичном семеноводстве основную позицию занимает ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», на базе которого разработаны и производятся на заказ: семеочистительная машина СОМ-25М, молотилка пучковая МПВ-1М, молотилка сноповая МС-75М. Данные разработки являются решением вопроса импортозамещения для селекции и семеноводства льна. Кроме того, применение этого оборудования обеспечивает высокое качество семенного материала [9]. Семеочистительная машина СОМ-25М предназначена для очистки семян льна от трудноотделяемых сорняков: плевела льняного, плюшки, райграса и других сорняков и примесей. Применяется во всех льносеющих зонах России. Принцип работы машины основан на способности фрикционных хлопчатобумажных нитей захватывать частицы с шероховатой поверхностью и выделять их из тонкого слоя очищаемой массы. [9]. Молотилка пучковая МПВ-1М предназначена для обмолота пучков льна до 1000 шт. стеблей и очистки льняного вороха на II и III этапах селекции и в семеноводческой практике, при этом производительность труда повышается не менее, чем в 2,5 раза. Для обмолота снопов льна с опытных участков в селекционной и семеноводческой практике предназначена молотилка сноповая МС-75М, которая применяется во всех льносеющих зонах России. Принцип работы машины основан на промине стеблей льна прокатывающимися вальцами и на очистке семян пневморешетным устройством. Для обмолота льна используют снопы с селекционно-семеноводческих посевов массой до 2 кг и влажностью до 20 % [9].

Для сушки семян льна и других культур начальной влажностью до 35 % ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» разработана противоточная карусельная сушилка СКУ-10. Сушилка работает поточно, непрерывно. Загрузка, сушка и выгрузка происходят в автоматическом режиме. Технология сушки оптимальна для сохранения качества семян и экономии топлива. Небольшая высота сушилки (2,5 м) обеспечивает безопасность и удобство эксплуатации. Сушилка является частью блочно-модульного комплекса для сушки и переработки льновороха. Комплекс дополнительно оборудуется роторным сепаратором льновороха, что обеспечивает эффективность выделения семян льна и их сушки до посевных кондиций [14]. Таким образом, в результате исследований в ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» установлена возможность послеуборочной переработки семенного вороха без предварительного его подсушивания, если

влажность массы не превышает 35-40 %, а количество зеленых коробочек – 10-15 %. Подсушивание только семян льна позволяет сократить энергозатраты более чем в 2 раза и обеспечить высокую сохранность качества семенного материала. При влажности льновороха выше 40 % осуществляется его подсушивание при температуре теплоносителя не более 42°С и последующая переработка с использованием специальных технических средств (молотилка МВ-2,5А и др.), в отдельных случаях для переработки вороха используются обычные зерноуборочные комбайны [10].

Выводы. Для перевода льняной отрасли и конеплеводства на инновационный путь развития необходимо обеспечить наиболее полное использование созданного потенциала научных достижений в области селекции и семеноводства – важнейшего экономического ресурса повышения технического и технологического уровня производства культур. Наиболее узким местом в системе селекции и семеноводства технических культур является материально-техническая база: отсутствие специальных сеялок (ширина междурядья порядка 6 см, глубина посева +/–2 см), основная масса посевных машин на отечественном рынке поставляется для производства зерновых и кормовых культур и имеет междурядье более 10 см; отсутствие серийного производства отечественной специализированной техники для этапа уборки льна-долгунца (льнокомбайны, теребилки, оборачиватели, вспушиватели, пресс-подборщики); доля импортной сельскохозяйственной техники для возделывания льна в российских хозяйствах составляет порядка 50-60 %; при уборке конопли используются устаревшие отечественные коноплежатки, зерноуборочные комбайны, а также зарубежные роторные и ножевые жатки и косилки с высокой скоростью резки, зарубежные комбайны для сбора конопли John Deere, Claas, Deutz Fahr, New Holland, «Гомсельмаш», Massey Ferguson, CASE и др.; стоимость зарубежной техники не доступна многим селекционным хозяйствам (льноуборочные комбайны – более 1,0 млн руб., технологический комплекс – 6 млн руб.; комбайны для уборки технической конопли – более 30 млн руб.); нехватка специализированной техники для подработки семян льна (обеспеченность семеноводческих хозяйств России сушильными и семеочистительными комплексами составляет порядка 20 %). Таким образом, приоритетными задачами перед отечественными производителями специализированной техники для работы с лубяными культурами (ООО ПО Завод «Бежецксельмаш» и ООО ИПФ «ТексИнж» и др.) и разработчиками (ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» и др.) являются формирование комплексного подхода, разработка и производство технических средств для селекции, сортоиспытания и первичного семеноводства льна-долгунца и технической конопли с учетом размерно-массовых и прочностных характеристик культур.

Список используемой литературы

1. Морыганов А.П. Отечественное целлюлозное волокно перспективное сырье для российской текстильной промышленности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 4 (376). С. 44-49.

2. Федеральная служба государственной статистики. URL: https://www.fedstat.ru/organizations/ (дата обращения: 23.06.2020).

3. Ковалев М.М., Колчина Л.М. Технологии и оборудование для производства и первичной переработки льна-долгунца и конопли: справочник. М.: Росинформагротех, 2013.

4. Понажев В.П., Павлова Л.Н., Сорокина О.Ю. Перспективная ресурсосберегающая технология производства льна-долгунца: методические рекомендации. М.: Росинформагротех, 2008.

5. Почвообрабатывающая техника АЛМАЗ: каталог. Барнаул: ООО ТД «Алмаз», 2019.

6. Культиваторы для сплошной обработки серии R: брошюра. Ростов-на-Дону: Ростсельмаш, 2019.

7. Техника для возделывания зерновых, масличных и пропашных культур: каталог. Самара: АО «Евротехника», 2019.

8. Завод «СпецКомМаш» производит: каталог техники. Нижний Новгород: Группа компаний «СпецКомМаш», 2019.

9. Технологии и технические средства для лубяных культур: буклет продукции. Тверь: ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 2019.

10. Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: науч. пособие. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2018.

11. Бежецксельмаш: каталог оборудования. Тверь: Бежецксельмаш, 2019.

12. Лягушкин И. Нерентабельный лен //Агротехника и технологии. 2019. № 7. С. 45-46.

13. Техника для возделывания льна: каталог. Бобруйск: ОАО «УКХ «Бобруйскагромаш», 2019.

14. Фокша И. Конопляное царство. Производство технической конопли в Пензенской области набирает обороты // Агротехника и технологии. 2019. № 10. С. 40-43.

15. Bednar P. Des technologies affûtées pour la récolte du chanvre // Le chanvre et l'industrie. 2009. P. 1-3.

References

1. Moryganov A.P. Otechestvennoe tsellyuloznoe volokno perspektivnoe syre dlya rossiyskoy tekstilnoy promyshlennosti // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti. 2018. № 4 (376). S. 44-49.

2. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. URL: https://www.fedstat.ru/organizations/ (дата обращения: 23.06.2020).

3. Kovalev M.M., Kolchina L.M. Tekhnologii i oborudovanie dlya proizvodstva i pervichnoy pererabotki lna-dolguntsa i konopli: spravochnik. M.: Rosinformagrotekh, 2013.

4. Ponazhev V.P., Pavlova L.N., Sorokina O.Yu. Perspektivnaya resursosberegayushchaya tekhnologiya proizvodstva lna-dolguntsa: metodicheskie rekomendatsii. M.: Rosinform-agrotekh, 2008.

5. Pochvoobrabatyvayushchaya tekhnika ALMAZ: katalog. Barnaul: OOO TD «Almaz», 2019.

6. Kultivatory dlya sploshnoy obrabotki serii R: broshyura. Rostov-na-Donu: Rostselmash, 2019.

7. Tekhnika dlya vozdelyvaniya zernovykh, maslichnykh i propashnykh kultur: katalog. Samara: AO «Yevrotekhnika», 2019.

8. Zavod «SpetsKomMash» proizvodit: katalog tekhniki. Nizhniy Novgorod: Gruppa kompaniy «SpetsKomMash», 2019.

9. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya lubyanykh kultur: buklet produktsii. Tver: FGBNU «Federalnyy nauchnyy tsentr lubyanykh kultur», 2019.

10. Nauchnoe obespechenie proizvodstva pryadilnykh kultur: sostoyanie, problemy i perspektivy: nauch. posobie. Tver: Tver. gos. un-t, 2018.

11. Bezhetskselmash: katalog oborudovaniya. Tver: Bezhetskselmash, 2019.

12. Lyagushkin I. Nerentabelnyy len //Agrotekhnika i tekhnologii. 2019. № 7. S. 45-46.

13. Tekhnika dlya vozdelyvaniya lna: katalog. Bobruysk: OAO «UKKh «Bobruyskagromash», 2019.

14. Foksha I. Konoplyanoe tsarstvo. Proizvodstvo tekhnicheskoy konopli v Penzenskoy oblasti nabiraet oboroty // Agrotekhnika i tekhnologii. 2019. № 10. S. 40-43.

15. Bednar P. Des technologies affûtées pour la récolte du chanvre // Le chanvre et l'industrie. 2009. P. 1-3.

DOI 10.35523/2307-5872-2021-34-1-64-70
УДК 631.362.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДОРОЖКИ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Николаев В.А., ФГБОУ ВО Ярославский государственный технический университет

Основным недостатком зерноочистительных машин с прямоугольными решётами является ограниченная пропускная способность. Для преодоления этого противоречия предложена зерноочистительная машина с решетом, представляющим перевёрнутый усечённый конус, который совершает вертикальные колебания. Кинематику колебаний решёт определяет профиль дорожки, на которую они опираются посредством роликов нижних. Трудность определения параметров дорожки заключена в их взаимной зависимости. Поэтому расчёт проведён методом приближения. Сущность этого метода заключена в изначальном допущении величины одного из параметров рассматриваемого объекта. Опираясь на неё, вычисляют другие параметры объекта, и в результате вычисления получают новую величину первоначально принятого параметра. После вновь вычисляют другие параметры объекта и получают третье, уточнённое, значение первоначально принятого параметра. Так, поэтапно, производят вычисления, пока не приблизятся к оптимальным значениям всех искомых параметров. На основе проведённого ранее анализа траектории зерновки задан исходный профиль дорожки. Из конструктивных особенностей определён наружный диаметр ролика и соответствующий ему радиус кривизны участков дорожки при подходе к верхней точке траектории и при подходе к нижней точке траектории решёт. Выявлена рациональная амплитуда колебания решёт угол подъёма дорожки. Приняв последовательно несколько значений угла наклона дорожки в период опускания решета, методом приближения удалось вычислить: время подъёма решёт с постоянной скоростью, время замедления решёт при подходе к верхней точке траектории, время ускорения решёт при движении в нижнее положение, время их перемещения в нижнее положение с постоянным ускорением, период колебания решёт, остальные кинематические параметры их колебаний. В результате расчёта методом приближения выявлены оптимальные геометрические параметры дорожки полуавтоматической зерноочистительной машины.

Ключевые слова: *зерноочистительная машина, перевёрнутый усечённый конус, вертикально колеблющееся решето, профиль дорожки, время замедления решета, угол наклона дорожки.*

Для цитирования: *Николаев В.А. Определение параметров дорожки полуавтоматической зерноочистительной машины // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 1 (34). С. 64-70.*

Введение. Основным недостатком зерноочистительных машин с прямоугольными решётами является ограниченная пропускная способность. Чтобы преодолеть этот недостаток, предложена зерноочистительная машина с решётами, представляющими в совокупности перевёрнутый усечённый конус, совершающий вертикальные колебания [1, с. 1-20]. Концентрически установлены три решета. Последовательно от периферии: решето малых примесей, решето ущербных зёрен, решето целых зёрен. В результате анализа взаимодействия зерновки с вертикально колеблющимся решетом определены параметры первого взаимодействия [2, с. 92-102]. Выявлены параметры траектории зерновки после первого касания решета полуавтоматической зерноочистительной машины [3, с. 71-76]. На основе анализа траектории зерновки определены ориентировочные требования к кинематическим параметрам колебания решёт.

Кинематику колебаний решёт определяет профиль дорожки, на которую они опираются посредством роликов нижних [1, с. 1-20; 4]. Ролики нижние, установленные на лотке целых зёрен, перекатываются по дорожке, приваренной к остову решёт и имеющей асимметричную волнистую поверхность. Корпус карусели полуавтоматической зерноочистительной машины вращается. При этом остов решёт совместно с решетом малых примесей, решетом ущербных зёрен, решетом целых зёрен совершает вертикальные колебательные движения, перемещаясь по шлицам стойки опорных роликов. Профиль дорожки, по которой перемещаются ролики нижние, обусловлен конструктивными ограничениями и требованием очистки решета от зёрен, застрявших в его отверстиях, следовательно, определяет амплитуду и частоту встряхивания зернового вороха. От профиля дорожки зависит скорость перемещения решёт.

Цель исследования. Целью исследования является теоретическое определение кинематических параметров колебания решёт и геометрических параметров дорожки полуавтоматической зерноочистительной машины.

Метод исследования. Трудность определения параметров дорожки заключена в их взаимной зависимости. Поэтому расчёт ведём методом приближения. Сущность этого метода заключена в изначальном допущении величины одного из параметров рассматриваемого объекта. Опираясь на неё, вычисляют другие параметры объекта, и в результате вычисления получают новую величину первоначально принятого параметра. После вновь вычисляют другие параметры объекта и получают третье, уточнённое, значение первоначально принятого параметра. Так, поэтапно, производят вычисления, пока не приблизятся к оптимальным значениям всех искомых параметров.

Результаты исследования. На основе анализа траектории зерновки зададимся исходным профилем дорожки. Для соблюдения прочности диаметр оси ролика не должен быть менее 10 мм. Так как ролик представляет закрытый шарикоподшипник сверхлёгкой серии № 1000900, то наружный диаметр ролика 22 мм. Допустим, что радиус кривизны участков дорожки при подходе к верхней точке траектории и при подходе к нижней точке траектории решета соответствует радиусу ролика. Отсюда рациональная амплитуда колебания решёт $A = 20$ мм. Примем угол подъёма дорожки $\varepsilon = 30°$ (рисунок 1, *а*).

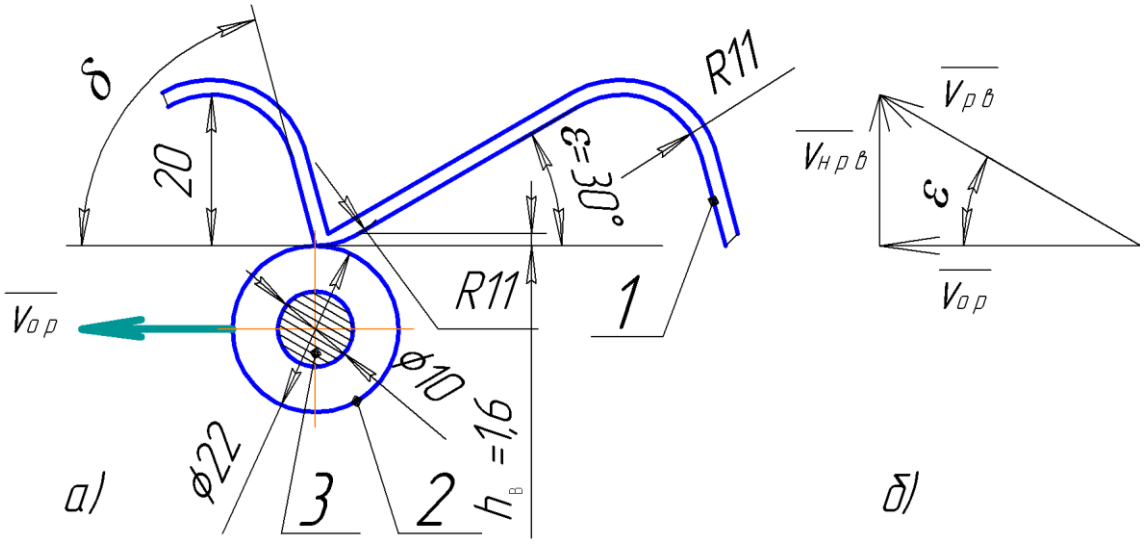

Рисунок 1 – Схемы: а) исходного профиля дорожки; б) скоростей при движении решета вверх: 1 – дорожка; 2 – ролик; 3 – ось ролика

Сила F_{jp} инерции решета при подходе к верхней точке его траектории не должна превышать силу G_p его тяжести, чтобы дорожка не отрывалась от роликов: $F_{jp} \leq G_p$.

То есть замедление решета при подходе к верхней точке траектории не должно превы-

шать ускорение свободного падения: $a_{рв} \leq g$.

Время изменения направления перемещения решета обусловлено профилем дорожки на этом участке. Поскольку в верхней точке траектории конечная скорость решета при движении вверх равна нулю, то $\frac{v_{нрв}}{\tau_{рв}} \leq g$;

$$v_{нрв} \leq g\tau_{рв}, \quad (1)$$

где $v_{нрв}$ – начальная вертикальная скорость решета при его перемещении вверх при подходе к верхней точке траектории; $\tau_{рв}$ – время замедления решета при подходе к верхней точке траектории.

Допустим $a_{рв} = g$. Тогда из рисунка 1 вертикальное перемещение решёт на участке замедления при подходе к верхней точке траектории $h_в = 1{,}6$ мм:

$$h_в = \frac{g\tau_{рвз}^2}{2};$$

Отсюда время замедления решета при подходе к верхней точке траектории

$$\tau_{рвз} = \sqrt{\frac{2h_в}{g}}; \quad (2)$$

$$\tau_{рвз} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}0016}{9{,}8}} \approx 0{,}018 \text{ с.}$$

Начальная вертикальная скорость решета при его перемещении вверх при подходе к верхней точке траектории (формула 1)

$$v_{нрв} \leq 9{,}8 \cdot 0{,}018 = 0{,}17 \text{ м/с.}$$

Окружная скорость оси ролика (рисунок 1, *б*)

$$v_{ор} = v_{нрв} \cot \varepsilon;$$

$$v_{ор} = 0{,}17 \cdot \cot 30° = 0{,}17 \cdot 1{,}732 \approx 0{,}294 \text{ м/с.}$$

Примем первоначально угол наклона дорожки в период опускания решета $\delta = 75°$. На рисунке 2 показаны отрезки пути, которые проходит средняя точка оси ролика.

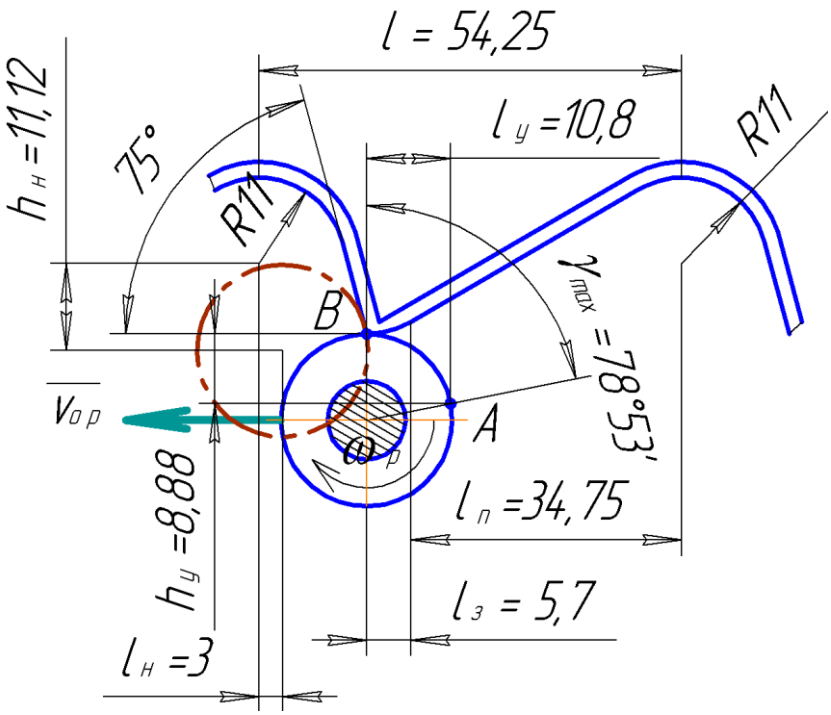

Рисунок 2 – Схема проекций на горизонтальную ось отрезков пути, которые проходит средняя точка оси ролика, $\delta = 75°$: $l_п$ – проекция пути в период подъёма решета с постоянной скоростью, $l_з$ – проекция пути замедления решета при подходе к верхней точке траектории, $l_у$ – проекция пути ускорения решета при движении в нижнее положение, $l_н$ – проекция пути решета в нижнее положение

Так как окружная скорость оси ролика постоянная, то из пропорций определим отрезки времени. Время подъёма решета с постоянной скоростью:

$$\tau_{р\,п} = \frac{l_п}{v_{о\,р}}; \quad \tau_{р\,п} = \frac{0{,}03475}{0{,}294} \approx 0{,}12 \text{ с}.$$

Время замедления решета при подходе к верхней точке траектории определено: $\tau_{р\,в\,з} = 0{,}018$ с. Время ускорения решета при движении в нижнее положение:

$$\tau_{р\,н\,у} = \frac{l_у}{v_{о\,р}}; \quad \tau_{р\,н\,у} = \frac{0{,}0108}{0{,}294} \approx 0{,}038 \text{ с}.$$

Время перемещения решета в нижнее положение с постоянным ускорением:

$$\tau_{р\,н} = \frac{l_н}{v_{о\,р}}; \quad \tau_{р\,н} = \frac{0{,}003}{0{,}294} \approx 0{,}01 \text{ с}.$$

Период колебания решета:

$$\tau_р = \tau_{р\,п} + \tau_{р\,в\,з} + \tau_{р\,н\,у} + \tau_{р\,н};$$

$$\tau_р = 0{,}12 + 0{,}018 + 0{,}038 + 0{,}01 = 0{,}186 \text{ с}.$$

На участке $l_п$ решето поднимается вверх с постоянной скоростью $v_{н\,р\,в} = 0{,}17$ м/с. Профиль участка – прямая под углом 30° к горизонтали. На участке $l_з$ оно замедляется при подходе к верхней точке траектории. На участке $l_у = 10{,}8$ мм решето ускоряется при движении в нижнее положение, пока точка *A* не займёт положение, соответствующее точке *B* за время $\tau_{р\,н\,у} = 0{,}038$ с. При этом решето опустится на $h_у = 8{,}88$ мм, а ролик повернётся на угол $\gamma_{max} = 78{,}9°$. Вертикальное перемещение решета на этом участке подчиняется закону:

$$h_у = r_р - r_р \cos\gamma = r_р(1 - \cos\gamma), \qquad (3)$$

где $r_р$ – радиус ролика (см. рисунок 1).

Дифференцируя, получим мгновенную вертикальную скорость решета

$$v_{р\,н\,у} = r_р(1 + \sin\gamma)\frac{d\gamma}{d\tau}. \qquad (4)$$

В конце движения на этом участке дорожки

$$v_{р\,н\,у} = \frac{r_р(1+\sin\gamma_{max})}{\tau_{р\,н\,у}}; \qquad (5)$$

$$v_{р\,н\,у} = \frac{0{,}011\,(1+\sin 78{,}9°)}{0{,}038} = \frac{0{,}011\,(1+0{,}981)}{0{,}038} \approx 0{,}57 \text{ м/с}$$

.

На участке $l_н = 0{,}003$ м вертикальная скорость решета увеличивается, а затем резко уменьшается до нуля. За время $\tau_{р\,н} = 0{,}01$ с решето переместится вертикально на расстояние $h_н = 0{,}01112$ мм (см. рисунок 2). На этом участке ускорение решета должно быть близким к ускорению свободного падения. Допустим, что оно равно ускорению свободного падения. Можно записать:

$$h_н = v_{р\,н\,у}\tau_{р\,н} + \frac{g\tau_{р\,н}^2}{2}; \qquad (6)$$

или:

$$\frac{g}{2}\tau_{р\,н}^2 + v_{р\,н\,у}\tau_{р\,н} - h_н = 0;$$

$$4{,}9\tau_{р\,н}^2 + 0{,}57\tau_{р\,н} - 0{,}01112 = 0;$$

$$\tau_{р\,н} = \frac{-0{,}57 \pm \sqrt{0{,}57^2 + 4 \cdot 4{,}9 \cdot 0{,}01112}}{2 \cdot 4{,}9} = \frac{-0{,}57 \pm 0{,}74}{9{,}8}.$$

Время не может быть отрицательным, поэтому

$$\tau_{р\,н} = \frac{-0{,}57 + 0{,}74}{9{,}8} = \frac{0{,}17}{9{,}8} = 0{,}017 \text{ с}.$$

За это время ось ролика переместится по горизонтали на расстояние

$$l_н = v_{о\,р}\tau_{р\,н}; \qquad (7)$$

$$l_н = 0{,}294 \cdot 0{,}017 \approx 0{,}005 \text{ м}.$$

Угол наклона дорожки при опускании решета

$$\delta = \operatorname{arctg}\frac{h_н}{l_н}; \qquad (8)$$

$$\delta = \operatorname{arctg}\frac{0{,}01112}{0{,}005} = \operatorname{arctg} 2{,}224 \approx 66°.$$

Следовательно, если угол наклона дорожки при опускании решета $\delta = 75°$, то контакт ролика с дорожкой на этом участке нарушится, и ролик будет испытывать ударную нагрузку. Если будет угол наклона дорожки при опускании решета $\delta = 66°$, то без учёта сопротивления воздуха давление дорожки на ролик будет рано нулю, но контакт ролика с дорожкой не нарушится. Однако сопротивление воздуха будет уменьшать ускорение решета при его опускании.

Примем угол наклона дорожки при опускании решета $\delta = 60°$ и повторим расчеты (рисунок 3).

Время подъёма решета с постоянной скоростью и время замедления решета при подходе к верхней точке траектории останутся неизменными: $\tau_{р\,п} = 0{,}12$ с, $\tau_{р\,в\,з} = 0{,}018$ с.

Время ускорения решета при движении в нижнее положение:

$$\tau_{р\,н\,у} = \frac{0{,}00965}{0{,}294} \approx 0{,}033 \text{ с}.$$

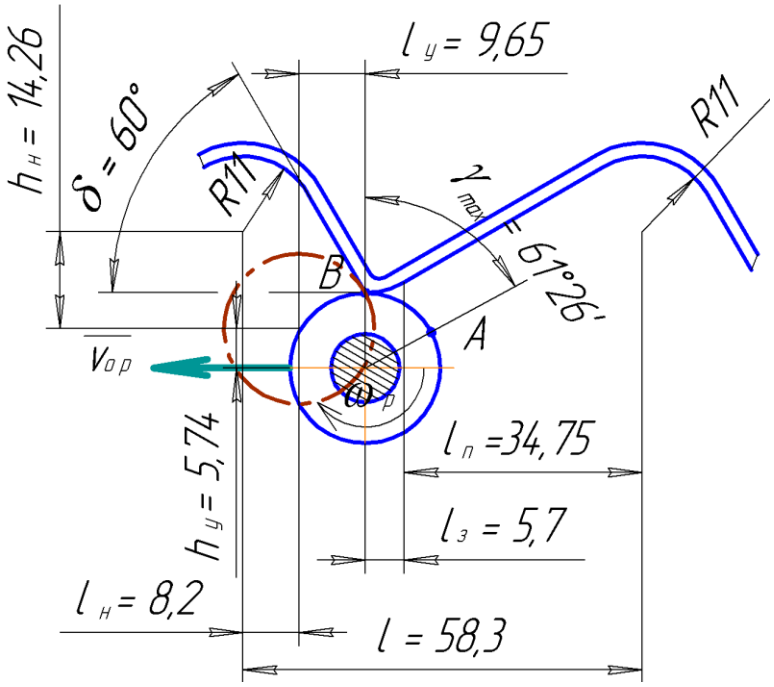

Рисунок 3 – Схема проекций на горизонтальную ось отрезков пути, которые проходит средняя точка оси ролика, $\delta = 60°$: $l_п$ – проекция пути в период подъёма решета с постоянной скоростью, $l_з$ – проекция пути замедления решета при подходе к верхней точке траектории, $l_у$ – проекция пути ускорения решета при движении в нижнее положение, $l_н$ – проекция пути решета в нижнее положение

Время перемещения решета в нижнее положение с постоянным ускорением:

$$\tau_{р\,н} = \frac{0,0082}{0,294} \approx 0,028 \text{ с.}$$

Период колебания решета:

$$\tau_р = 0,12 + 0,018 + 0,033 + 0,028 \approx 0,2 \text{ с.}$$

На участке $l_п$ решето поднимается вверх с постоянной скоростью $v_{н\,р\,в} = 0,17$ м/с. На участке $l_з$ оно замедляется до нуля при подходе к верхней точке траектории. На участке $l_у = 9,65$ мм решето ускоряется при движении в нижнее положение, пока точка *A* не займёт положение *B* за время $\tau_{р\,н\,у} = 0,033$ с. При этом решето опустится на $h_у = 5,74$ мм, а ролик повернётся на угол $\gamma_{max} = 61,4°$. В конце движения на этом участке дорожки (формула 5):

$$v_{р\,н\,у} = \frac{0,011\,(1+\sin 61,4°)}{0,033} = \frac{0,011\,(1+0,878)}{0,033} = 0,626 \text{ м/с}$$

На участке $l_н = 0,0082$ м вертикальная скорость решета увеличивается, а затем резко уменьшается до нуля. За время $\tau_{р\,н} = 0,028$ с решето переместится вертикально на расстояние $h_н = 0,01426$ мм (см. рисунок 3). Допустим, что на этом участке ускорение решета равно ускорению свободного падения. Тогда из формулы 6:

$$4,9\tau_{р\,н}^2 + 0,626\tau_{р\,н} - 0,01426 = 0;$$

$$\tau_{р\,н} = \frac{-0,626 \pm \sqrt{0,626^2 + 4 \cdot 4,9 \cdot 0,01426}}{2 \cdot 4,9} = \frac{-0,626 \pm 0,82}{9,8}.$$

Время не может быть отрицательным, поэтому

$$\tau_{р\,н} = \frac{-0,626+0,82}{9,8} = \frac{0,194}{9,8} \approx 0,02 \text{ с.}$$

За это время ось ролика должна бы переместиться по горизонтали на расстояние (формула 7)

$$l_н = 0,294 \cdot 0,02 \approx 0,00588 \text{ м.}$$

Реальное перемещение оси ролика из рисунка 3 $l_н = 0,0082$ м. Реальное перемещение оси ролика далеко от расчётного. Расчётный угол наклона дорожки при опускании решета (формула 8)

$$\delta = \text{arctg}\frac{0,01426}{0,00588} = \text{arctg } 2,425 \approx 67,5°.$$

Угол наклона дорожки при опускании решета при повторном расчёте получился большим, чем в результате ориентировочного расчёта,

следовательно, взятый для повторного расчёта угол $\delta = 60°$ слишком мал.

Для третьего расчёта примем угол наклона дорожки при опускании решета $\delta = 65°$ (рисунок 4). Время подъёма решета с постоянной скоростью и время замедления решета при подходе к верхней точке траектории останутся: $\tau_{р\,п} = 0{,}12$ с, $\tau_{р\,в\,з} = 0{,}018$ с. Время ускорения решета при движении в нижнее положение:

$$\tau_{р\,н\,у} = \frac{0{,}01}{0{,}294} \approx 0{,}034 \text{ с.}$$

Время перемещения решета в нижнее положение с постоянным ускорением:

$$\tau_{р\,н} = \frac{0{,}00638}{0{,}294} \approx 0{,}022 \text{ с.}$$

Период колебания решета:

$$\tau_р = 0{,}12 + 0{,}018 + 0{,}034 + 0{,}022 = 0{,}194 \text{ с}$$

.

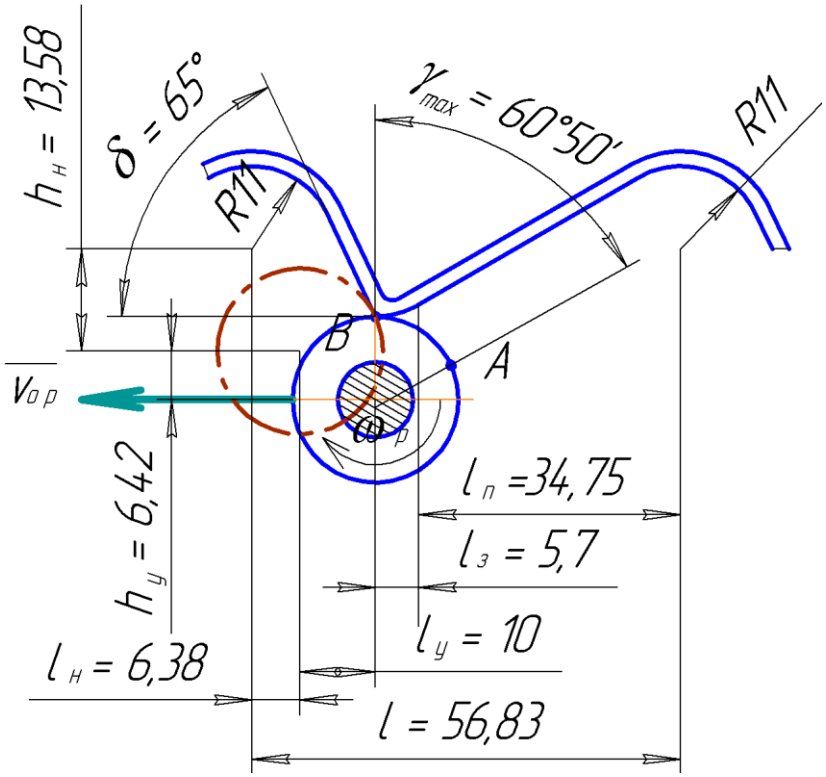

Рисунок 4 – Схема проекций на горизонтальную ось отрезков пути, которые проходит средняя точка оси ролика, $\delta = 65°$: $l_п$ – проекция пути в период подъёма решета с постоянной скоростью, $l_з$ – проекция пути замедления решета при подходе к верхней точке траектории, $l_у$ – проекция пути ускорения решета при движении в нижнее положение, $l_н$ – проекция пути решета в нижнее положение

На участке $l_п$ решето поднимается вверх с постоянной скоростью $v_{н\,р\,в} = 0{,}17$ м/с. На участке $l_з$ оно замедляется до нуля при подходе к верхней точке траектории. На участке $l_у = 10$ мм решето ускоряется при движении в нижнее положение, пока точка *A* не займёт положение *B* за время $\tau_{р\,н\,у} = 0{,}034$ с. При этом решето опустится на $h_у = 6{,}42$ мм, а ролик повернётся на угол $\gamma_{max} = 65{,}4°$.

В конце движения на этом участке дорожки (формула 5):

$$v_{р\,н\,у} = \frac{0{,}011\,(1+\sin 65{,}4°)}{0{,}034} = \frac{0{,}011\,(1+0{,}909)}{0{,}034} = 0{,}618 \text{ м/с}$$

На участке $l_н = 0{,}00638$ м вертикальная скорость решета увеличивается, а затем резко уменьшается до нуля. За время $\tau_{р\,н} = 0{,}022$ с решето переместится вертикально на расстояние $h_н = 0{,}01358$ мм (см. рисунок 4). Допустим, что на этом участке ускорение решета равно ускорению свободного падения. Из формулы 6:

$$4{,}9\tau_{р\,н}^2 + 0{,}618\tau_{р\,н} - 0{,}01358 = 0;$$

$$\tau_{рн} = \frac{-0{,}618 \pm \sqrt{0{,}618^2 + 4 \cdot 4{,}9 \cdot 0{,}01358}}{2 \cdot 4{,}9} = \frac{-0{,}618 \pm 0{,}805}{9{,}8}.$$

Время не может быть отрицательным, поэтому

$$\tau_{рн} = \frac{-0{,}618 + 0{,}805}{9{,}8} = \frac{0{,}187}{9{,}8} \approx 0{,}019 \text{ с}.$$

За это время ось ролика должна переместится в горизонтальном направлении на расстояние (формула 7)

$$l_н = 0{,}294 \cdot 0{,}019 \approx 0{,}00588 \text{ м}.$$

Реальное перемещение оси ролика из рисунка 4: $l_н = 0{,}00638$ м. Реальное перемещение оси ролика близко к расчётному. Расчётный угол наклона дорожки при опускании решета (формула 8)

$$\delta = \text{arctg}\frac{0{,}01358}{0{,}00588} = \text{arctg } 2{,}3095 \approx 66{,}6°.$$

Угол наклона дорожки при опускании решета при третьем расчёте близок к принятому углу $\delta = 65°$. С учётом сопротивления воздуха перемещению решета примем окончательно угол наклона дорожки при опускании решета $\delta = 65°$. Учитывая, что скорость решета в конце движения на предыдущем участке дорожки равна скорости решета в начале рассматриваемого участка дорожки, $v_{рну} = 0{,}618$ м/с, а ускорение решета на этом участке близко к ускорению свободного падения, конечную скорость решета $v_{рнн}$ при его опускании определим из выражения:

$$g = \frac{v_{рнн} - v_{рну}}{\tau_{рн}};$$

$$v_{рнн} = v_{рну} + g\tau_{рн};$$

$$v_{рнн} = 0{,}618 + 9{,}8 \cdot 0{,}019 = 0{,}804 \text{ м/с}.$$

Вывод. В результате расчётов определены: оптимальное время подъёма решёт с постоянной скоростью 0,12 с, время замедления решёт при подходе к верхней точке траектории 0,018 с, время ускорения решёт при движении в нижнее положение 0,034 с, время перемещения решёт в нижнее положение с постоянным ускорением 0,022 с, период колебания решёт 0,194 с. Выявлены кинематические параметры колебаний решёт. Методом приближения выявлены оптимальные геометрические параметры дорожки полуавтоматической зерноочистительной машины (см. рисунок 4).

Список используемой литературы

1. Николаев В.А. Патент РФ №2623473. Полуавтоматическая зерноочистительная машина. Заявка № 2016108555; заявл. 23.04.2015; опубл. 20.06.2017. Бюл. № 18.

2. Николаев В.А. Определение параметров траектории зерновки при её падении на решето полуавтоматической зерноочистительной машины // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 4. С. 92-102.

3. Николаев В.А. Параметры траектории зерновки после касания решета полуавтоматической зерноочистительной машины // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 2. С. 71-76.

4. Николаев В.А., Кряклина И.В. Очистка зерна от примесей и его предварительная сушка. Ярославль: Изд-во ФГОУ ВО ЯГСХА, 2017.

References

1. Nikolayev V.A. Patent RF №2623473. Poluavtomaticheskaya zernoochistitelnaya mashina. Zayavka № 2016108555; zayavl. 23.04.2015; opubl. 20.06.2017. Byul. № 18.

2. Nikolayev V.A. Opredeleniye parametrov trayektorii zernovki pri eye padenii na resheto poluavtomaticheskoy zernoochistitelnoy mashiny // Agrarnyy vestnik Verkhnevolzhia. 2019. № 4. S. 92-102.

3. Nikolayev V.A. Parametry trayektorii zernovki posle kasaniya resheta poluavtomaticheskoy zernoochistitelnoy mashiny // Agrarnyy vestnik Verkhnevolzhia. 2020. № 2. S. 71-76.

4. Nikolayev V.A.. Kryaklina I.V. Ochistka zerna ot primesey i ego predvaritelnaya sushka. Yaroslavl: Izd-vo FGOU VO YaGSKhA. 2017.

DOI 10.35523/2307-5872-2021-34-1-71-82
УДК 631.171:62-529

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ, ПРИ ОТСУТСТВИИ GSM-СОЕДИНЕНИЯ

Родимцев С.А., ФГБОУ ВО Орловский ГАУ;
Еремин Л.П., ФГБОУ ВО Орловский ГАУ;
Гуляева Т.И., ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

Цифровая трансформация сельского хозяйства позволяет существенно повысить эффективность производства и снизить затраты на производство продукции за счет получения и накопления информации о выполняемых технологических процессах, принятия соответствующих управленческих решений. Большую роль при этом играет возможность получения оперативных данных в режиме реального времени. В значительной степени это относится к функционированию автоматических цифровых метеостанций, данные которых могут использоваться при управлении операциями, требующими on-line мониторинга. В большинстве метеорологических комплексов для передачи информации используются протоколы GSM соединения, отсутствие которого в «теневых» зонах способно снизить эффективность применения цифровых технологий. Большинством разработчиков предлагаются варианты применения «черных ящиков» для сохранения части недоставленной информации и последующий ее «вброс» на тематический сервер, при доступе соединения, опциональное использование усиленных антеннGSM либо услуг персональной связи, обеспечиваемой гражданской системой низкоорбитальных спутников. Однако эти решения, в одних случаях, не дают возможности on-line режима, в других – излишне дороги для использования в условиях небольших хозяйств. В настоящей работе выполнен обзор некоторых автоматических метеостанций, нашедших применение в отечественном АПК и приведен опыт эксплуатации одной из отечественных разработок в опытном цифровом хозяйстве Орловского аграрного университета. Предложена структура системы передачи информации от метеостанции пользователю в режиме on-line, в зонах отсутствия GSM-соединения, которая основана на реализации принципов MESH-технологии - бесшовной ячеистой архитектуры связи. Работа выполнена в рамках тематического плана-задания на научно-исследовательскую работу по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2020 году (регистрационный номер НИОКТР АААА-А20-120021190096-3, от 11.02.2020г.).

Ключевые слова: *точное земледелие, данные дистанционного зондирования.*

Для цитирования: *Родимцев С.А., Еремин Л.П., Гуляева Т.И. Использование автоматической метеостанции, при отсутствии GSM-соединения // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 1 (34). С. 71-82.*

Введение. Современное сельскохозяйственное производство немыслимо без применения инноваций, основанных на использовании информационных технологий. Одной из задач точного земледелия (ТЗ) является прогнозирование и формирование базы данных метеорологических параметров. Более полный учет погодно-климатического фактора позволяет не только своевременно реагировать на возникающие аномалии [1-3], но и повысить эффективность фитосанитарного мониторинга [4], создавать программные средства анализа поступающей информации [5], разрабатывать и внедрять автоматизированные системы принятия решений по защите растений [6], способствуя увеличению продуктивности агроценозов.

Сбор информации по метеорологическим параметрам осуществляется на основе данных тра-

диционных метеостанций, входящих в сеть Росгидромета [7], либо с помощью автоматических метеорологических станций (АМС). При этом, автоматические агрометеостанции обладают рядом преимуществ: во-первых, все измерения погодно-климатических параметров производятся непосредственно в месте проведения сельскохозяйственных работ. Это намного повышает точность и надежность оценки; во-вторых, сервис автоматической метеостанции позволяет получить прогноз, текущую информацию о метеоусловиях и ретроспективу показателей в любое удобное время и в необходимом формате, намного увеличивая доступность получения сведений; в-третьих, техническое исполнение автоматических метеостанций позволяют подключать локальные модули, оборудованные системой дополнительных утилит: видеокамеры для мониторинга состояния растений, датчики влажности и температуры почвы в различных почвенных горизонтах, сенсоры влажности листа и т.д.; в-четвертых, простота подключения и эксплуатации АМС делают их доступными даже для начинающих пользователей, а ценовой диапазон достаточен для выбора подходящей модели большинству организаций или специалистов.

Цель работы состоит в обосновании архитектуры связи, обеспечивающей передачу цифровой информации по метеоданным, в режиме реального времени, при отсутствии GSM соединения.

Задачами исследования являлись:

- обзор типов АМС, применяемых в сельском хозяйстве;
- описание результатов опыта применения АМС Сокол-М в экспериментальном цифровом опытном хозяйстве Орловского ГАУ;
- обоснование нового решения по использованию автоматической метеостанции в зонах отсутствия GSM соединения.

Материалы и методы. Исходными материалами послужила информация из открытых источников информации, а также данные метеоусловий, полученные в процессе эксплуатации автоматической метеостанции на учебно-производственных полях Орловского ГАУ. При проведении исследований использовались методы научной абстракции, синтеза, систематизации, сравнительного технико-эксплуатационного анализа.

Основная часть. В настоящее время зарубежными и отечественными производителями предлагается целый ряд современных автоматических метеостанций (табл. 1).

Таблица 1 - Некоторые типы автоматических метеостанций, используемых в сельском хозяйстве [8-16]

Наименование и страна-производитель	Назначение и регистрируемые параметры
1	2
Автоматическая метеорологическая станция **АМС-2000М** РОССИЯ [8]	Предназначена для дистанционного измерения скорости и направления воздушного потока, атмосферного давления, температуры и влажности воздуха (базовый вариант). Имеются возможности расширения числа измеряемых параметров (например, радиационный фон, температура поверхности почвы, градиент температуры (воздуха/почвы) и т.д.). Область применения: метеорологические наблюдения, обслуживание авиации, мониторинг транспортных магистралей, мониторинг загрязнения воздушной среды, научные исследования в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства и т.д. Может использоваться в стационарном и мобильном, наземном и морском вариантах (возимый, носимый, установленный на средство доставки). Атмосферное давление, Температура воздуха, Влажность воздуха, Скорость и направление ветра, Высота нижней границы облаков, Метеорологическая дальность видимости, Состояние дорожного покрытия, Радиационный фон, Суммарная радиация, Температура поверхности почвы, Градиенты температуры воздуха и почвы, Количество и интенсивность жидких, твердых и смешанных осадков.

Продолжение табл. 1.

1	2
Автоматическая метеорологическая станция **AWS310 Vaisala** ФИНЛЯНДИЯ [9]	Разработана для работы (в том числе автономной) в удаленных районах, для чего требуется высокая надежность, низкое энергопотребление и увеличенная емкость резервного аккумулятора. Простота реализации начинается с оценки нужд, проходит через стандартизированный выбор функций и завершается быстрой доставкой. Модернизация метеорологических станций выполняется при помощи дополнительных датчиков, которые для облегчения установки спроектированы с интерфейсом "plug-and-play", обеспечивающим незамедлительное получение данных. Скорость и направление ветра, Температура воздуха, Относительная влажность, Точка росы, Атмосферные осадки, Суммарная солнечная радиация, Видимость и текущая погода, Высота облачности и состояние неба, Температура и влажность почвы, Толщина снежного покрова.
Автоматическая метеорологическая станция **М-49М** РОССИЯ [10]	Предназначена для дистанционного измерения скорости и направления ветра, атмосферного давления, температуры и относительной влажности воздуха, и определение температуры точки росы в полевых условиях. Направления ветра, Скорость ветра, Атмосферное давление, Температура воздуха, Относительная влажность воздуха, Точка росы, Температура росы.
Автоматическая метеорологическая станция **WatchDog 2900 ET** США [11]	Профессиональная метеостанция для сбора и анализа метеоданных с функцией передачи данных на компьютер, с регистрацией и сохранением данных. Направление ветра, Скорость ветра, Температура воздуха, Влажность воздуха, Количество осадков, Точка росы, Солнечная радиация, Эвапотранспирация.
Автономная базовая станция **KaipoBase** АВСТРИЯ [12]	Предназначена для мониторинга погодных условий в режиме реального времени. Метеостанция построена на современной платформе: автономна и работает от небольшой солнечной панели в любых погодных условиях. Используется в мониторинге погоды, мониторинге влажности почвы, уровня воды, осадков и т.д.
Профессиональная метеостанция **IMETEOLABS PWS-400** РОССИЯ [13]	Измеряет такие сведения, как температура и влажность воздуха, атмосферное давление, интенсивность и тип осадков. Все чувствительные элементы расположены в защищенных от прямого воздействия среды местах (например, в вентилируемом корпусе), за счет чего профессиональная станция работает в бесперебойном режиме долгое время. Конфигурация и опрос измеряемых значений во время пуска в эксплуатацию осуществляются с помощью специального программного обеспечения – «Конфигуратор IMETEOLABS PWS». Измеренные данные могут передаваться по интерфейсу RS485 или RS232, возможно наличие одного из этих интерфейсов, тип интерфейса определяется при заказе метеостанции. Температура воздуха, Относительная влажность, Направление ветра, Скорость ветра, Атмосферное давление, Интенсивность и тип осадков. Солнечное излучение, УФ-индекс.

Продолжение табл. 1.

1	2
Метеостанция кабельная **DAVIS Instruments Vantage Pro2 6152CEU** США [14]	Предназначена для применения на предприятиях, экологического мониторинга, прогнозирования погоды. Атмосферное давление, Уличная и комнатная температура воздуха, Уличная и комнатная относительная влажность воздуха, Скорость и направление ветра, Температура точки росы, Количество и интенсивность осадков, Дата и время, Прогноз погоды, Фаза луны, Время восхода и захода солнца, «Мнимая» температура и «прохлада» ветра.
Автоматическая метеорологическая станция **Meteobot® Pro** БОЛГАРИЯ [15]	Предназначена для предоставления полной агрометеорологической информации. С помощью мобильного приложения Meteobot® App обеспечивает доступ к 10-дневному прогнозу и историческим метеоданным в запрашиваемых пунктах. Температура воздуха, Относительная влажность воздуха, Атмосферное давление, Скорость ветра, Направление ветра, Количество дождя, Интенсивность дождя, Влажность листьев, Солнечная радиация, Влажность почвы, Температура почвы.
Автоматическая метеорологическая станция **Сокол М** РОССИЯ [16]	Модель, сочетающая в себе экономичность и универсальность, разработанная с целью автоматизации метеорологических наблюдений. С ее помощью становится возможным автоматический сбор и обработка данных об окружающей среде. «Сокол-М» позволяет сохранять все данные, собранные устройством, в полном объеме, а также анализировать их в режиме реального времени и производить вывод данных по условиям, заданным заказчиком. Кроме того, «Сокол-М» позволяет осуществлять фотофиксацию целого ряда явлений (погодные условия, рост и развитие растений и пр.) в точке наблюдения с помощью встроенной web-камеры. Температура воздуха, Температура почвы, Температура воды, Относительная влажность воздуха, Скорость и направление воздушных потоков, Атмосферное давление, Количество и интенсивность осадков, Индикация гидрометеорологических параметров, а именно: влажность почвы, влажность листа, концентрация углекислого газа в почве, ультрафиолетовая солнечная радиация и т.д.

Как видно, практически каждая из представленных моделей позволяет получить широкий спектр как стандартных показателей метеорологических условий, так и некоторые характеристики состояния почвы, влажности листовой поверхности, толщины снежного покрова, радиационного фона и др.

Одной из наиболее перспективных и востребованных отечественными сельхозтоваропроизводителями АМС, можно считать автоматическую метеостанцию Сокол-М, разработки группы компаний «Эскорт» (Россия, Республика Татарстан, г. Казань). АМС Сокол-М предназначена для автоматического измерения комплекса метеорологических параметров, влажности и температуры почвы, влажности листа, высоты снежного покрова, а также фото- и видеофиксации явлений погоды и фаз развития растений [16]. На сервер пользователя измеряемые параметры транслируются через тематический сервер www.sokolmeteo.com [17], куда поступают от метеостанции, с помощью встроенного GSM-модема. Подключение к метеостанции модулей с выносными датчиками осуществляется по беспроводному каналу LoRa 433 МГц. Кроме того, имеется возможность

подключения к станции устройства «Сокол-ТВ», обеспечивающее передачу данных с метеостанции на экран монитора по кабелю HDMI.

Важно отметить, что на современном этапе развития и реализации технологий ТЗ, прогнозирование динамики продукционного процесса посредством осуществления мониторинга хода отслеживаемого сезона вегетации в on-line режиме представляется все более актуальным [18, 19 и др.]. Так, в условиях работы АМС Сокол-М в зонах со слабым сигналом или без покрытия GSM сети, разработчиком предусмотрено опциональное оснащение метеостанции усиленными антеннами GSM либо комплектом спутниковой связи Iridium.

В системе реализации проекта «Опытное цифровое хозяйство» Научно-образовательного производственного центра (НОПЦ) «Интеграция» ФГБОУ ВО Орловского ГАУ [20], работа АМС Сокол-М занимает одну из ключевых позиций. Метеостанция была внедрена в производственную среду хозяйства в 2019 году. Цель – получение достоверных метеорологических параметров на опытных и учебно-производственных участках и формирование базы данных для оценки влияния действующих условий на рост и развитие сельхозкультур, поражение их вредными организмами (болезнями, вредителями, сорняками).

Решение о выборе места установки метеостанции (координаты: 52°49'32.1"N 36°00'15.1"E) (рис. 1) принималось исходя из требований максимального охвата площади хозяйства связью с выносным модулем Сокол-БМВД (до 5 км в зоне прямой видимости). С целью получения данных о влажности и температуре почвы и влажности листа, модуль БМВД размещен на опытном поле университета (координаты: 52°49'32.5"N 36°00'14.9"E). Измерение осуществлялись на горизонтах 20, 340 и 60 см. Локальный прогноз и мониторинг метеорологических показателей выполняется при временном размещении метеостанции на конкретных полях НОПЦ «Интеграция».

Рисунок 1 – Размещение Элементов АМС Сокол-М на площади НОПЦ «Интеграция» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

Данные по считываемым параметрам выводятся на сайте www.sokolmeteo.com в табличной или графической форме и доступны всем участникам процесса. Оперативные сообщения дублируются в электронной почте пользователей. Кроме того, получение информации о погодно-климатических условиях в НОПЦ «Интеграция» возможно на портале комплексной системы управления AgroNetworkTechnologies (ANT) (рис. 2), являющейся цифровой платформой опытного хозяйства Орловского ГАУ [21].

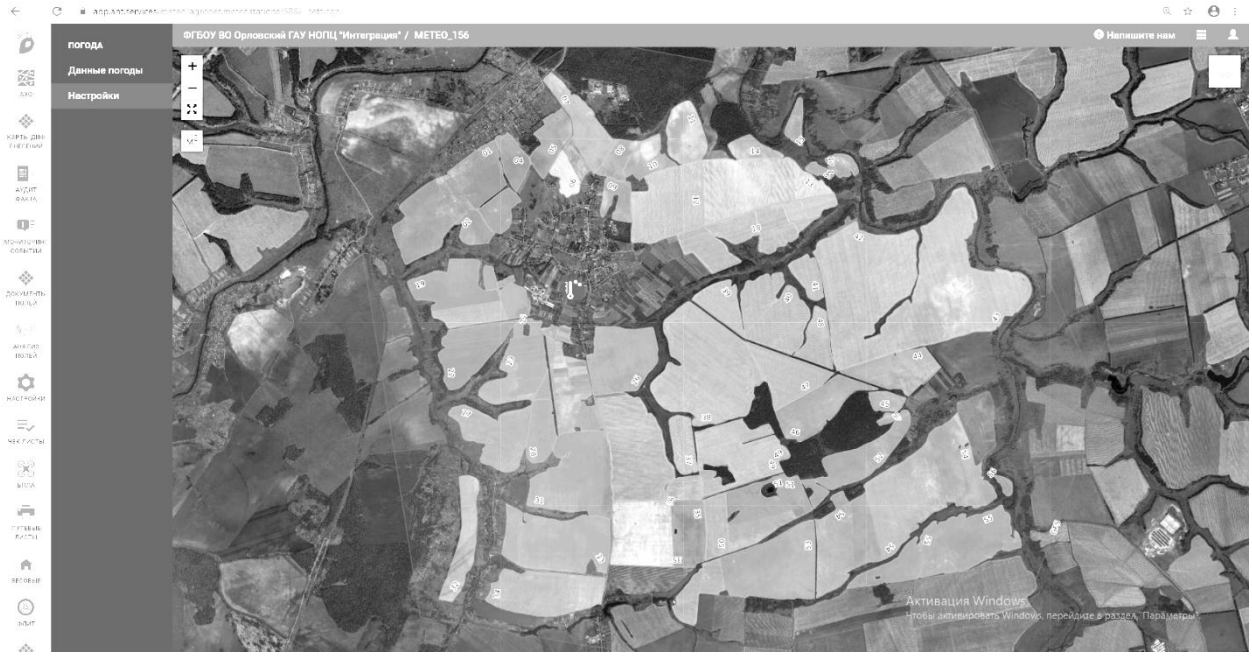

Рисунок 2 – Скриншот окна «Метео» комплексной системы управления ANT университета

В качестве иллюстрации, на рис. 3 представлены сравнительные показатели дневных значений температуры воздуха, атмосферного давления и скорости ветра, построенные по данным АМС Орловского ГАУ и регионального отделения Росгидромет [22]. Как видно, метеопоказатели АМС и неавтоматизированного метеопоста могут существенно отличаться. Оценивая значимость различий выборочных показателей методами сравнения по критериям Стьюдента и Фишера [23], по формулам:

$$t^p = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{D_1}{n_1} + \frac{D_2}{n_2}}} \geq t^m;$$

$$F^p = \frac{D_2}{D_2} \geq F^m$$ - различие существенно;

где $t^p; F^p$ - расчетные значения критериев Стьюдента и Фишера;

$t^m; F^m$ - табличные значения критериев Стьюдента и Фишера(при α=0,05; f^C=60; f^F=30, $t^m = 2{,}0$; F^m=1,84;

$\bar{x}_1; \bar{x}_2$ - средние значения выборок;

D_1; D_2 – дисперсии выборок, находим явные отличия в показаниях сравниваемых оценок, по параметру «скорость ветра»:

$$t^p = 3{,}6 \succ t^m = 2{,}0; F^p = 1{,}85 \succ F^m = 1{,}84$$

Это доказывает возможность более точного прогноза с помощью данных локальных оценок.

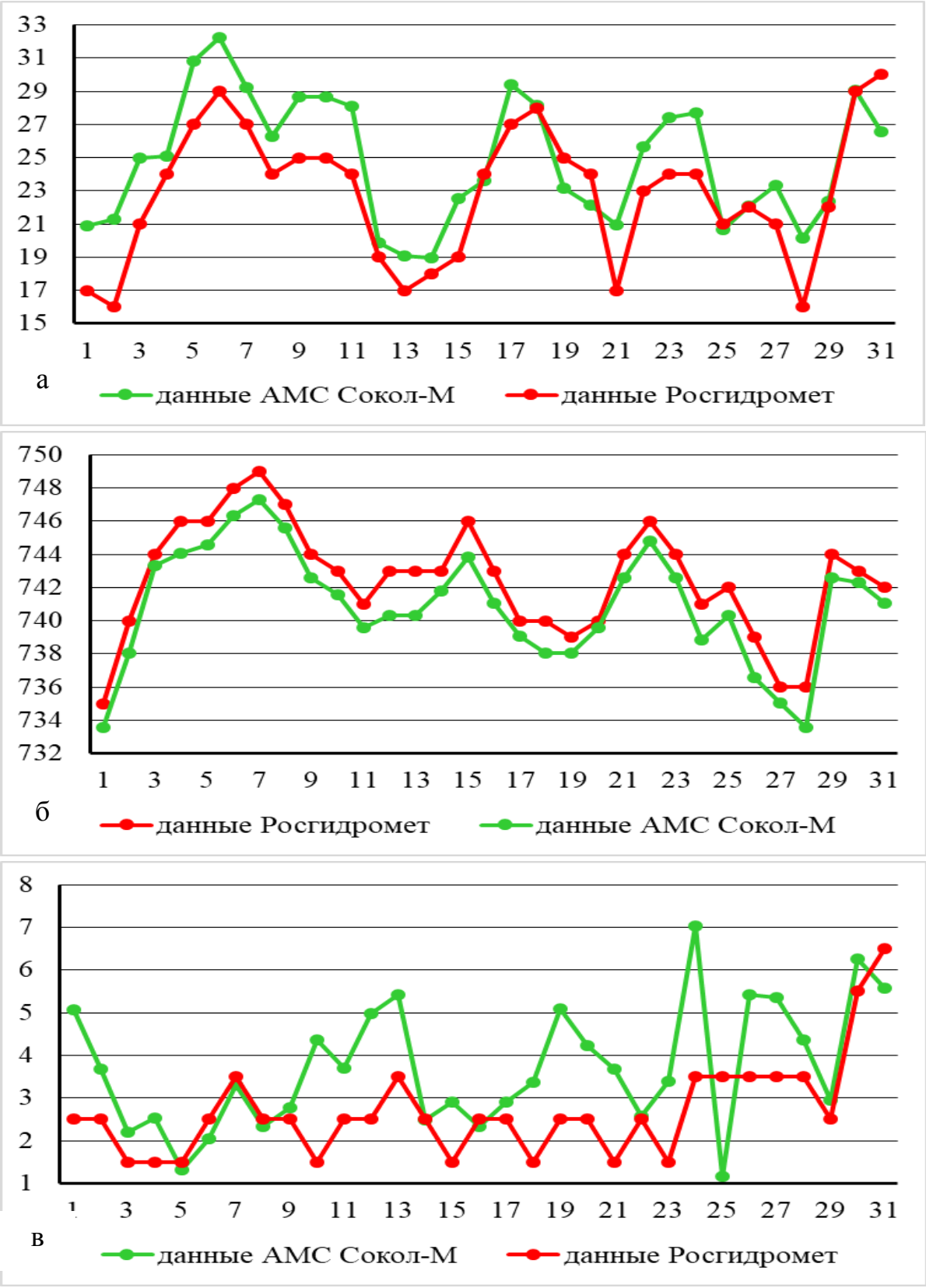

Рисунок 3 – Сравнительные показатели температуры воздуха, град (а), атмосферного давления, мм. рт. ст. (б) и скорости ветра, м/с (в), полученные из базы данных автоматической метеостанции Сокол-М Орловского ГАУ и архива Росгидромет (по состоянию на август 2020 г)

Результаты и обсуждение. Проект ГК «Эскорт» обладает неплохим потенциалом. Только за последние 2 года разработчиками внесены сразу несколько существенных дополнений в схему оборудования и программного обеспечения. В частности, совместно со специалистами Тимирязевской академии для метеостанции разработаны программные модули предупреждения заболеваний по целому ряду культур. Это дает возможность самостоятельно моделировать автоматический режим генерирования информационных сообщений о вероятности заболеваний растений на основе вновь вводимых агрономических показателей.

Дальнейшим совершенствованием автоматических метеостанций представляется внедрение решений, обеспечивающих доступную по ценовым предложениям on-line передачу данных, при отсутствии GSM-соединения. За основу может быть принята MECH-технология передачи данных (Mesh – сетевая ячейка), находящая все более широкое распространение в зарубежном сельскохозяйственном производстве [24, 25].

Первоначально созданная по заказу Министерства обороны США, быстро разворачиваемая система связи MESH предназначена для обмена цифровыми данными между объектами в сложных условиях [26]. В данном случае для компенсации GSM-сигнала, утраченного вследствие воздействия метеорологических условий, потерь из-за перепадов рельефа и влияния колеблющейся листвы лесополос, предлагается использование системы дублирования передачи информации посредством радиоканала. Концептуальная схема технического решения показана на рис. 4. Комплект дополнительного оборудования включает бортовой терминал 6, комплект радиомодулей-ретрансляторов 7, образующих MESH-сеть и базовую станцию 8. Принцип работы системы on-line передачи данных при отсутствии GSM-сигнала заключается в следующем.

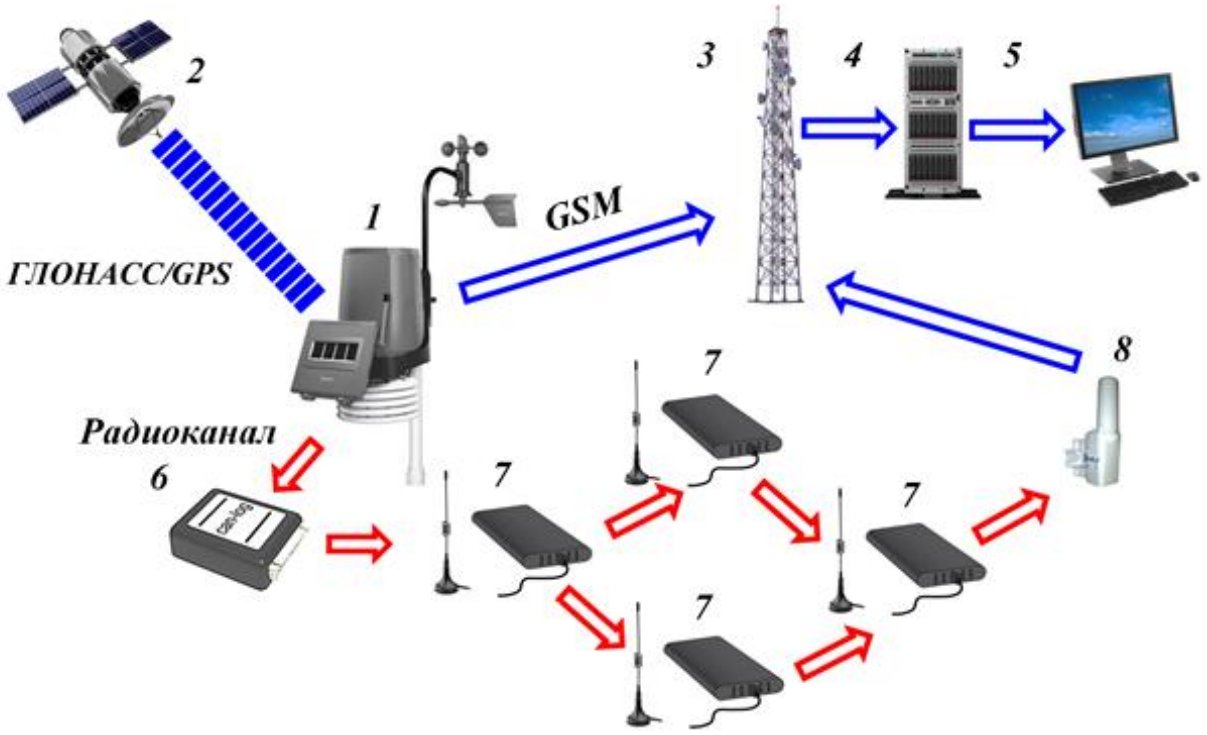

Рисунок 4 – Архитектура системы передачи цифровой информации от АМС, при отсутствии GSM-соединения:
1 – автоматическая метеостанция; 2 – система спутников; 3 – вышка сотовой связи; 4 – тематический сервер; 5 – ПК пользователя; 6 – приемо-передающий терминал; 7 – радиомодуль-ретранслятор; 8 – базовая станция дублирующей передачи

В стандартном режиме работы цифровая информация по текущей геопозиции АМС и метеоданным передается от метеостанции 1 сотовому оператору 3 по протоколу GSM и далее, на тематический сервер 4 обслуживающей компании, откуда по запросу поступает потребителю 5. Одновременно вся информация считывается терминалом 6 из дополнительного комплекта оборудования и транслируется в один из модулей-ретрансляторов 7, по радиоканалу. При использовании метеостанции 1 в зонах отсутствия GSM сигнала динамическая сенсорная сеть, образованная комплексом радиомодулей 7, осуществляет передачу информации по радиоканалу. При этом базовая станция 8, находясь в зоне покрытия GSM, осуществляет прием поступающих данных от ближайшего радиомодуля 7 и, одновременно являясь шлюзом, передает информацию сотовому оператору в режиме реального времени.

Предлагаемая схема данных в on-line режиме не потребует значительных затрат на приобретение сложного и дорогостоящего оборудования систем спутниковой связи и не нуждается в больших затратах на обслуживание и приобретение трафика. Формируемая сенсорная радиосеть позволит не только транслировать информацию от систем АМС, но и осуществлять взаимодействие между транспортными средствами и элементами инфраструктуры в режиме реального времени, в случае их использования как базы для монтажа радиомодулей-ретрансляторов. Дополнительно это предоставит возможность без непосредственного взаимодействия с условным сервером решать задачи, связанные, например, с получением примерных координат транспортного средства даже при отсутствующем сигнале GPS/ГЛОНАСС, оптимизацией движения этих транспортных средств или передачи предупреждений об аварийной или потенциально опасной ситуации.

В настоящее время предлагаемое решение проходит доработку и тестирование в экспериментальной цифровом опытном хозяйстве НОПЦ «Интеграция» Орловского ГАУ. Материалы по результатам этой работы будут опубликованы.

Выводы.

1. Наличие в хозяйствах автоматических метеостанций позволяет получить преимущества перед использованием информации Росгидромет в отношении точности и надежности оценки, удобства и доступности получения данных, применения дополнительных сервисов, внедрения в комплексные системы управления производством и др.

2. Существующие метеорологические комплексы для связи с сервером используют GSM каналы, отсутствие которых не позволяет реализовать принцип получения информации в реальном времени. Обеспечение бесперебойной работы метеостанции в зонах без покрытия GSM сети за счет систем спутниковой связи (Iridium и др.) отягощено приобретением сложного и дорогостоящего оборудования, необходимостью оплаты соответствующего трафика.

3. Предложена архитектура системы передачи цифровой информации от АМС при отсутствии GSM-соединения, выполненная на основе внедрения MESH-технологии.

4. Реализация нового решения позволит существенно расширить возможности мониторинга отслеживаемых показателей, а также состояния транспортных средств и управления ими, повысить надежность передачи телеметрической информации при незначительном удорожании конечного продукта.

Список используемой литературы

1. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П. Селекция ярового ячменя на толерантность к засухе // Зерновое хозяйство России. 2013. № 6. С. 9-12.

2. Волков Я.А., Странишевская Е.П. Совершенствование мероприятий по защите винограда от серой гнили в условиях причерноморской низменности южной степи Украины // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2010. № 2. С. 14-17.

3. Hubbard, K.G. Rossenberg, N.J. and Neilsen, D.C., 1983, “Automated weather station network for agriculture”, J. Water Resource. Management, pp. 213-222.

4. Санин С.С., Ибрагимов Т.З. Цифровые технологии в защите растений // Защита и карантин растений. 2019. № 9. С. 3-7.

5. Блохин Ю.И., Белов А.В., Блохина С.Ю. Комплексная система контроля влажности почвы и локальных метеоусловий для интерпретации данных дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 87-95.

6. Боровский К.В., Санин С.С. Новый подход к развитию системы поддержки принятия решений по борьбе с эпидемиологическими болезнями растений // Эпидемия болезней растений: мониторинг, прогноз, контроль: труды международной научно-практической конференции. Большие Вяземы, 2017. С. 359-368.

7. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Режим доступа: http://www.meteorf.ru/ (дата обращения 14.11.2020).

8. SP METEO. Автоматическая метеорологическая станция АМС-2000М. Режим доступа: http://www.spmeteo.ru/?page_id=2550 (дата обращения 14.11.2020).

9. Автоматическая метеорологическая станция Vaisala AWS310. Режим доступа: https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/WEA-MET-AWS310-Brochure-B211659RU.pdf (дата обращения 14.11.2020).

10. Восканян К.Л. и др. Автоматические метеорологические станции: в 2 т.Ч. 1. Тактико-технические характеристики: учебное пособие. СПб.: РГГМУ, 2016.

11. WatchDog. 2000 Series Weather Stations PRODUCT MANUAL Model #'s 2900ET, 2800, 2700, 2550. Spectrum Technologies, Inc 3600 Thayer Court Aurora, IL 60504.

12. Руководство пользователя KAIPOBASE. Режим доступа: http://kaipos.ag/en0KaipoBase_1562528356.pdf (дата обращения 14.11.2020).

13. Метеостанция IMETEOLABS PWS. Руководство по эксплуатации. Режим доступа: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:AX4-dQZLb18J:https://icbcom.ru/wp-content/uploads/2015/12/IMETEOLABS-_PWS-X00.pdf+&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ru (дата обращения 14.11.2020).

14. USER MANUAL. Integrated Sensor Suite. For Vantage Pro2 , Vantage Pro2 GroWeather and Vantage Pro2 Plus. Document Part Number: 7395.333. Copyright © 2020 Davis Instruments Corp.

15. Meteobot. USER MANUAL. Режим доступа: https://meteobot.com/wp-content/uploads/2018/11/Meteobot-User_Manual_EN.pdf (дата обращения 14.11.2020).

16. Станция автоматическая метеорологическая «СОКОЛ-М1». Паспорт МС1.41631.002ПС. Казань 2020. Режим доступа: https://www.fmeter.ru/download/_ftp/meteo-kontrol/sokol.pdf?v=031120112839 (дата обращения 14.11.2020).

17. Sokol-M.. Режим доступа: https://sokolmeteo.com/my/desktop (дата обращения 14.11.2020).

18. Тулин Е.В., Власов Ю.С. Агрометеостанция как элемент обратной связи в экологических моделях продукционного процесса в конкретных условиях вегетации (производства сельскохозяйственной продукции) // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения: 7-я Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. С.Пб., 2012. С. 941-948.

19. Ахмадия А.А., Мирманов А.Б., Набиев Н.К.Применение технических средств для мониторинга в сельском хозяйстве в онлайн режиме // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 66. Ч.1. С. 6-13.

20. Родимцев С.А. и др. Создание и развитие экспериментального цифрового опытного хозяйства аграрного вуза (на примере Орловского государственного аграрного университета имени Н.В. Парахина). Монография. Орловский ГАУ. Орёл, 2020.

21. Родимцев С.А. Создание и развитие цифровой платформы опытного хозяйства аграрного вуза // Роль аграрных вузов в реализации национального проекта «Наука» и Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы: Материалы Всероссийского семинара-совещания проректоров по научной работе вузов Минсельхоза России. Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2019. С. 105-110.

22. Дневник погоды в Орле за август 2020 г. Гисметео. Режим доступа: https://www.gismeteo.ru/ (дата обращения 14.11.2020).

23. Шведов А.С. Теория вероятностей и математическая статистика. Издательский Дом ВШЭ, 2016.

24.Siuli Roy, A.; Bandyopadhyay, S. Agro-Sense: Precision Agriculture Using Sensor-Based Wireless Mesh Networks. Innovations in NGN—Future Network and Services. In Proceedings of An IT U-T Kaleidoscope Conference, Geneva,

Switzerland, 12–13 May 2008; pp. 383-388.

25. Xiaofan Jiang, Heng Zhang, Edgardo Alberto Barsallo Yi, Nithin Raghunathan, Charilaos Mousoulis, Somali Chaterji, Dimitrios Peroulis, Ali Shakouri, Saurabh Bagchi Hybrid: Low-Power Wide-Area Mesh Network for IoT Applications. IEEE Internetof Things Journal, April 2020; pp. 115-208.

26. Клебанова И.В. Применение систем радиосвязи для оперативного управления горно-транспортными комплексами в карьерах // Труды МАИ. 2016. № 89. С. 22-53.

References

1. Filippov Ye.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P. Selektsiya yarovogo yachmenya na tolerantnost k zasukhe // Zernovoe khozyaystvo Rossii. 2013. № 6. S. 9-12.

2. Volkov Ya.A., Stranishevskaya Ye.P. Sovershenstvovanie meropriyatiy po zashchite vinograda ot seroy gnili v usloviyakh pricherno-morskoy nizmennostiy uzhnoy stepi Ukrainy // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. 2010. № 2. S. 14-17.

3. Hubbard K.G. Rossenberg N.J. and Neilsen D.C., 1983, “Automated weather station network for agriculture”, J. Water Resource. Management, pp. 213-222.

4. Sanin S.S., Ibragimov T.Z. Tsifrovye tekhnologii v zashchite rasteniy // Zashchita i karantin rasteniy. 2019. № 9. S. 3-7.

5. Blokhin Yu.I., Belov A.V., BlokhinaS.Yu. Kompleksnaya sistema kontrolya vlazhnosti pochvy i lokalnykh meteousloviy dlya interpretatsii dannykh distantsionnogo zondirovaniya // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2019. T. 16. № 3. S. 87-95.

6. Borovskiy K.V., Sanin S.S. Novyy podkhod k razvitiyu sistemy podderzhki prinyatiya resheniy po borbe s epidemiologicheskimi boleznyami rasteniy // «Epidemiya bolezney rasteniy: monitoring, prognoz, kontrol»: Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Bolshie Vyazemy, 2017. S. 359-368.

7. Federalnaya sluzhba po gidrometeorologii i monitoring okruzhayushchey sredy Ministerstva prirodnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii. Rezhim dostupa: http://www.meteorf.ru/ (data obrashcheniya 14.11.2020).

8. SP METEO. Avtomaticheskaya meteorologicheskaya stantsiya AMS-2000M Rezhim dostupa: http://www.spmeteo.ru/?page_id=2550 (data obrashcheniya 14.11.2020).

9. Avtomaticheskaya meteorologicheskaya stantsiya Vaisala AWS310 Rezhim dostupa: https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/WEA-MET-AWS310-Brochure-B211659RU.pdf (data obrashcheniya 14.11.2020).

10. Voskanyan K.L. idr. Avtomaticheskie meteorologicheskie stantsii: v 2 t. Ch. 1. Taktiko-tekhnicheskie kharakteristiki: uchebnoe posobie. SPb.: RGGMU, 2016.

11. WatchDog. 2000 Series Weather Stations PRODUCT MANUAL Model #’s 2900ET, 2800, 2700, 2550. Spectrum Technologies, Inc 3600 Thayer Court Aurora, IL 60504.

12. Rukovodstvo polzovatelya KAIPOBASE [Elektronnyyresurs] – Rezhimdostupa: http://kaipos.ag/en0KaipoBase_1562528356.pdf (data obrashcheniya 14.11.2020).

13. Meteostantsiya IMETEOLABS PWS. Rukovodstvo po ekspluatatsii. Rezhim dostupa: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:AX4-dQZLb18J:https://icbcom.ru/wp-content/uploads/2015/12/IMETEOLABS-_PWS-X00.pdf+&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ru (data obrashcheniya 14.11.2020).

14. USER MANUAL. Integrated Sensor Suite. For Vantage Pro2 , Vantage Pro2 GroWeather and Vantage Pro2 Plus. Document Part Number: 7395.333. Copyright © 2020 Davis Instruments Corp.

15. Meteobot. USER MANUAL. Rezhim dostupa: https://meteobot.com/wp-content/uploads/2018/11/Meteobot-User_Manual_EN.pdf (data obrashcheniya 14.11.2020).

16. Stantsiya avtomaticheskaya meteorologicheskaya «SOKOL-M1». Pasport MS1.41631.002PS. Kazan. 2020. Rezhim dostupa: https://www.fmeter.ru/download/_ftp/meteo-kontrol/sokol.pdf?v=031120112839 (data obrashcheniya 14.11.2020).

17. Sokol-M. Rezhim dostupa: https://sokolmeteo.com/my/desktop (data obrashcheniya 14.11.2020).

18. TulinYe.V., VlasovYu.S. Agrometeostantsiya kak element obratnoy svyazi v ekologicheskikh modelyakh produktsionnogo protsessa v konkretnykh usloviyakh vegetatsii (proizvodstva selskokhozyaystvennoy produktsii) // «Zdorove – osnova chelovecheskogo potentsiala: problem i

puti ikh resheniya»: 7-ya Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem. S.Pb., 2012. S. 941-948.

19. Akhmadiya A.A., Mirmanov A.B., Nabiev N.K. Primenenie tekhnicheskikh sredstv dlya monitoringa v selskom khozyaystve v onlayn rezhime // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2020. № 66. Ch.1. S. 6-13.

20. Rodimtsev S.A. i dr. Sozdanie i razvitie eksperimentalnogo tsifrovogo opytnogo khozyaystva agrarnogo vuza (na primere Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni N.V. Parakhina). Monografiya. Orlovskiy GAU. Orel, 2020.

21. Rodimtsev S.A. Sozdanie i razvitie tsifrovoy platform opytnogo khozya ystva agrarnogo vuza // Rol agrarnykh vuzov v realizatsii natsionalnogo proekta «Nauka» i Federalnoy nauchno-tekhnicheskoy programmy razvitiya selskogo khozyaystva na 2017-2025 gody: Materialy Vserossiyskogo seminara-soveshchaniya prorektorov po nauchnoy rabote vuzov Minselkhoza Rossii. Saratov: FGBOU VO Saratovskiy GAU, 2019. S. 105-110.

22. Dnevnik pogody v Orle za avgust 2020 g. Gismeteo. Rezhim dostupa: https://www.gismeteo.ru/ (data obrashcheniya 14.11.2020).

23. Shvedov A.S. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika. Izdatelskiy Dom VShE. 2016.

24. Siuli Roy, A.; Bandyopadhyay, S. AgroSense: Precision Agriculture Using Sensor-Based Wireless Mesh Networks. Innovations in NGN—Future Network and Services. In Proceedings of An IT U-T Kaleidoscope Conference, Geneva, Switzerland, 12–13 May 2008; pp. 383-388.

25. Xiaofan Jiang, Heng Zhang, Edgardo Alberto Barsallo Yi, Nithin Raghunathan, Charilaos Mousoulis, Somali Chaterji, Dimitrios Peroulis, Ali Shakouri, Saurabh BagchiHybrid: Low-Power Wide-Area Mesh Network for IoT Applications. IEEE Internet of Things Journal, April 2020; pp. 115-208.

26. Klebanova I.V. Primenenie system radiosvyazi dlya operativnogo upravleniya gornotransportnymi kompleksami v kareraxh // Trudy MAI. 2016. № 89. S. 22-53.