

Тип статьи: научная

УДК 631.5

DOI: 10.35887/2305-2538-2024-4-51-65

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОСТОЯННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛЕИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ УХОДА ЗА ПОСЕВАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

Владимир Викторович Васильев¹, Дмитрий Николаевич Афоничев²

^{1,2} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
г. Воронеж, Российская Федерация

¹ vasiliev.vladimir87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5763-1650>

² dmafonichev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9066-6428>

Автор, ответственный за переписку: Владимир Викторович Васильев, vasiliev.vladimir87@mail.ru
Corresponding author: Vladimir Vasiliev, vasiliev.vladimir87@mail.ru

Реферат. Выполнено исследование параметров создаваемой и формируемой постоянной технологической колеи, предназначенной для проезда сельскохозяйственной техники при уходе за посевами сельскохозяйственных культур в Центральном Черноземье. Установлено, что ширина полос, используемых для прохода движителей сельскохозяйственной техники, зависит от вида возделываемых сельскохозяйственных культур и применяемых опрыскивателей, а также от места расположения технологической колеи на сельскохозяйственном поле. Средняя ширина полос на прямых участках при формировании постоянной технологической колеи по посевам сельскохозяйственных культур, которые сеются узкополосным способом, самоходным опрыскивателем на прямых участках составила 500 мм, а на поворотных участках – 900 мм; прицепным опрыскивателем, работающим в паре с трактором, средняя ширина полос на прямых участках составила 650 мм, а на поворотных – 900 мм. При создании постоянной технологической колеи по посевам сахарной свеклы независимо от вида используемой сельскохозяйственной техники средняя ширина полос на прямых и поворотных участках составила 900 мм. Выполнен расчет длины полос постоянной технологической колеи для сельскохозяйственного поля, имеющего прямоугольную форму, и установлено, что она зависит не только от геометрической формы поля, но и от рабочих параметров используемой сельскохозяйственной техники и характера расположения прямых и поворотных участков. На основании полученных данных был выполнен расчет процента отводимой площади сельскохозяйственного поля на ее создание или формирование. При уходе за посевами сельскохозяйственных культур, которые сеются узкополосным способом, с помощью самоходного опрыскивателя, процент отводимой площади поля под постоянную технологическую колею составляет 4,7, а при использовании прицепного опрыскивателя, работающего в паре с трактором, процент отводимой площади равен 5,9. Процент отводимой площади поля под постоянную технологическую колею при возделывании сахарной свеклы составляет 4,7 и не зависит от вида используемой сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: сельскохозяйственные культуры, постоянная технологическая колея, уход, незасеянная полоса, опрыскиватель, ширина поля, длина, площадь.

INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF A PERMANENT TECHNOLOGICAL TRACK DESIGNED FOR THE CARE OF CROPS IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Vladimir Vasiliev¹, Dmitry Afonichev²

^{1,2} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Voronezh, Russian Federation

¹ vasiliev.vladimir87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5763-1650>

² dmafonichev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9066-6428>

Abstract. A study of the parameters of the created and formed permanent tramline intended for the passage of agricultural machinery when caring for crops in the Central Black Earth Region has been completed. It has been established that the width of the lanes used for the passage of agricultural machinery propulsion depends on the type of crops cultivated and the sprayers used, as well as on the location of the tramline on the agricultural field. The average width of the lanes on straight sections when forming a constant tramline for crops, which are sown in a narrow strip method, with a self-propelled sprayer on straight sections was 500 mm, and on turning sections - 900 mm; using a trailed sprayer working in tandem with a tractor, the average stripe width on straight sections was 650 mm, and on turning sections – 900 mm. When creating a constant tramline for sugar beet crops, regardless of the type of agricultural machinery used, the average width of the stripes on straight and turning sections was 900 mm. The length of permanent tramline strips for an agricultural field having a rectangular shape was calculated, and it was found that it depends not only on the geometric shape of the field, but also on the operating parameters of the agricultural machinery used and the nature of the location of straight and turning sections. Based on the data obtained, a calculation was made of the percentage of the allocated area of the agricultural field for its creation or formation. When caring for agricultural crops that are sown in a narrow stripe method using a self-propelled sprayer, the percentage of the allocated field area under a constant tramline is 4.7, and when using a trailed sprayer working in tandem with a tractor, the percentage of the allocated area is 5.9. The percentage of the field area allocated for a constant tramline when cultivating sugar beets is 4.7 and does not depend on the type of agricultural machinery used.

Keywords: agricultural field, crops, permanent technological track, care, unseeded strip, sprayer, field width, field length, area.

Для цитирования: Васильев В.В., Афоничев Д.Н. Исследование параметров постоянной технологической колеи, предназначенной для ухода за посевами сельскохозяйственных культур в Центральном Черноземье // Наука в Центральной России. 2024. Т. 70, № 4. С. 51-65. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-4-51-65>.

For citation: Vasiliev V, Afonichev D. Investigation of the parameters of a permanent technological track designed for the care of crops in the Central Chernozem region. *Nauka v central'noj Rossii = Science in the Central Russia*: 2024; 70(4): 51-65. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-4-51-65>.

Введение. В современных условиях выращивание сельскохозяйственных культур рационально осуществлять с использованием мировой практики интенсивной технологии возделывания, которая направлена на получение высокого урожая с применением последних достижений научно-технического прогресса [1-7]. Ключевыми этапами современной интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур являются следующие [1-14]: диагностика посевных площадей с лучшими предшественниками на предмет достаточности минеральных и органических удобрений на расчетную ресурсную урожайность; до посевное внесение минеральных и органических удобрений на посевные площади; своевременная и качественная обработка почвы; подготовка семян к посеву; посев семян; создание постоянной технологической колеи; диагностика по обеспечению растений элементами питания, степени засоренности, наличия вредителей и болезней; подкормка растений минеральными удобрениями; борьба с сорняками, вредителями и болезнями; диагностика сельскохозяйственных культур на предмет урожайности и степени созревания; уборка урожая с наименьшими потерями; послеуборочная обработка и хранение продукции.

Создание постоянной технологической колеи по посевам сельскохозяйственных культур реализуется для ухода за вегетирующими растениями с помощью наземных технических средств на колесном или гусеничном ходу [9-11]. Из этого следует, что постоянная технологическая колея – это транспортный путь, проложенный по посевам сельскохозяйственных культур, имеющий две незасаженные полосы строго ориентированные относительно посевных рядов, по которым проходят движители сельскохозяйственной техники при уходе за растениями. В практических условиях постоянная технологическая колея может создаваться изначально, при посеве сельскохозяйственных культур, или формироваться в процессе ухода за растениями во время их вегетации. Создание постоянной технологической колеи при посеве сельскохозяйственных

культур осуществляется путем отключения определенных высевальных аппаратов сеялки. В результате этого создается комплекс постоянных технологических колеи, расстояние между которыми регламентируется шириной захвата используемых агрегатов для ухода за посевами сельскохозяйственных культур. Формирование постоянной технологической колеи в процессе ухода за растениями осуществляется движением сельскохозяйственной техники по посевам, которые уничтожаются под движителями. В данном случае расстояние между соседними постоянными технологическими колеями и их направление устанавливаются оператором сельскохозяйственной техники с использованием различных систем навигации, и строго не регламентируются.

Постоянная технологическая колея имеет свои параметры, определяющие долю площади поля, которая отводится под колеи, где будут отсутствовать посеги сельскохозяйственных культур. Проведенный анализ руководства по интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур [8-14] показал, что данные об особенностях расположения постоянной технологической колеи и ее параметрах, которые регламентируют процент отводимой площади сельскохозяйственного поля для ухода за растениями с учетом использования современных технических средств ухода за растениями в Центральном Черноземье, отсутствуют. Таким образом, поставлена цель работы.

Цель работы – практическое обоснование параметров постоянной технологической колеи, предназначенной для ухода за посевами сельскохозяйственных культур в Центральном Черноземье, и установление процента отводимой площади поля.

Материалы и методы. Исследование параметров постоянной технологической колеи заключается в практическом обосновании ширины и протяженности полос, предназначенных для прохода движителей сельскохозяйственной техники, которые создаются при посеве сельскохозяйственных культур или формируются по посевам сельскохозяйственных культур в процессе ухода за растениями. При этом постоянная технологическая колея создается или формируется на поворотных участках и на прямом участке. Выполненная постоянная технологическая колея на поворотных участках предназначена для разворота сельскохозяйственной техники и проезда ее на постоянную технологическую колею, расположенную на прямом участке. Постоянная технологическая колея на прямом участке является ключевым транспортным путем, который предназначен для проезда сельскохозяйственной техники при уходе за посевами сельскохозяйственных культур на основной площади поля.

При посеве сельскохозяйственных культур в Центральном Черноземье, а именно пшеницы, ячменя, гороха, сои, рапса, проса и т.д., к которым приемлем узкополосный способ посева, с учетом накопленного опыта использования интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур в различных климатических зонах страны [8-14], в процессе создания постоянной технологической колеи рационально устанавливать, для стандартных движителей сельскохозяйственной техники ширину незасеянных полос 450 мм. Для узкопрофильных движителей сельскохозяйственной техники следует принимать ширину незасеянных полос 300 мм. Создание постоянной технологической колеи с шириной незасеянных полос больше 450 мм, например 600 мм, нецелесообразно, так как данная ширина требует отвода больше площади поля под технологическую колею. Таким образом, наиболее целесообразно использовать постоянную технологическую колею с шириной незасеянных полос 300 мм и 450 мм. Причем создание технологической колеи должно реализовываться на сельскохозяйственных полях, имеющих ровную поверхность, на склонах до 3° технологическая колея создается поперек склона, а на более крутых склонах создание технологической колеи не рекомендуется [9, 10].

Изучение данных, приведенных в литературе [8-10], по практической эксплуатации постоянной технологической колеи с шириной незасеянных полос 300 мм и 450 мм позволило установить, что чем меньше ширина незасеянных полос, тем лучше для растений, которые произрастают в непосредственной близости с постоянной технологической колеей. Например, при ширине незасеянной полосы равной 450 мм, было установлено [8-10], что данная полоса сильно подвержена эрозии при выпадении обильных осадков в виде дождя, в засушливое время года образуются трещины, через которые увеличивается интенсивность испарения влаги из почвы,

колея стремительно зарастает сорняками, все растения произрастающие рядом с незасеянной полосой созревают позже. В совокупности указанные недостатки обеспечивают дополнительные потери урожая, которые устранить. Следует также отметить, что незасеянная полоса шириной равной 300 мм имеет аналогичные недостатки, которые присутствуют у незасеянной полосы шириной 450 мм, но проявляются в меньшей степени.

При формировании постоянной технологической колеи по посевам сельскохозяйственных культур ширина полос, предназначенных для прохода движителей сельскохозяйственной техники, не регламентируется, она может быть только определена из расчета известной ширины движителей машин, предназначенных для ухода за растениями. В практических условиях ширина полос устанавливается по факту прохода сельскохозяйственной техники и может быть больше расчетной ширины. Это связано с тем, что у оператора сельскохозяйственной техники отсутствует изначальный ориентир движения по посевной площади, так как поля зачастую имеют сложную геометрическую конфигурацию, а также из-за выполнения вынужденных разворотов.

На посевных площадях, на которых возделываются сахарная свекла, подсолнечник, кукуруза и т.д., как правило, создание или формирование постоянной технологической колеи не осуществляется. При этом в процессе ухода за посевами в качестве полос, по которым проходят движители сельскохозяйственной техники, выступают междурядья. Если предусматривается создание или формирование постоянной технологической колеи, в которой ширина полос для прохода движителей сельскохозяйственной техники больше ширины междурядья, то ширина незасеянных полос будет равна двойной ширине междурядья [8, 14]. Необходимо также отметить, что применение десикации и сеникации в отношении подсолнечника или кукурузы с помощью сельскохозяйственной техники практически невозможно, даже в том случае, когда имеется в наличии созданная или сформированная постоянная технологическая колея.

Для практического обоснования параметров постоянной технологической колеи, предназначенной для ухода за посевами сельскохозяйственных культур в Центральном Черноземье, было выполнено натурное обследование посевов сельскохозяйственных культур, которые преимущественно располагались в восточной части Белгородской области. Обследование посевов сельскохозяйственных культур на предмет текущего состояния создаваемой или формируемой постоянной технологической колеи осуществлялось в 2023 и 2024 годах. Основные сельхозпроизводители, к которым принадлежали обследованные поля с посевами сельскохозяйственных культур: ООО «Красногвардейская зерновая компания», ООО «Группа компаний «Русагро», АО «АПК «Бирюченский» и ООО «Агротех-гарант» Алексеевский.

При натурном обследовании полей, на которых возделывалась озимая пшеница сортов Гомер, Собербаш, Классика и т.д. в 2023 г. было установлено, что независимо от рельефа местности, на которой располагаются посевы пшеницы, преимущественно постоянные технологические колеи формируются в процессе ухода за растениями (рисунки 1а, 1б). В результате проезда сельскохозяйственной техники по посевам озимой пшеницы рядки растений, располагающиеся на прокладываемых полосах постоянной технологической колеи, становятся поваленными. После неоднократного проезда сельскохозяйственной техники по посевам сельскохозяйственных культур часть вегетирующих растений, располагающихся в пределах полос постоянной технологической колеи, погибают, а остальная часть остается лежать на земле. В процессе уборки урожая весь уцелевший урожай, находящийся на полосах постоянной технологической колеи, не убирается зерноуборочным комбайном (рисунки 1в, 1г). Это связано с тем, что высота среза жатки комбайна больше фактического расположения колоса от земли. В последующем оставшийся урожай на полосах постоянной технологической колеи прорастает на колосе (рисунок 2а), он является дополнительным источником питания для грызунов, а несвоевременная обработка почвы обеспечивает интенсивное зарастание полос (рисунок 2б).

Направление формирующейся постоянной технологической колеи при уходе за растениями зависит от конфигурации поля и прилегающих к полю грунтовых дорог. Как правило, постоянную технологическую колею формируют параллельно направлению наиболее длинной стороны поля или перпендикулярно грунтовой дороге, прилегающей к посевам сельскохозяйственных культур. При этом поворотные участки постоянной технологической колеи всегда располагаются под

углом к постоянной технологической колее, проложенной на прямом участке. Они устраиваются в границах обсева краев поля и не всегда параллельны рядам растений.

Если рассматривать текущее состояние создаваемой или формируемой постоянной технологической колее на посевах ярового ячменя в ООО «Красногвардейская зерновая компания», то ситуация складывается аналогично как и на посевах озимой пшеницы. Формирование постоянной технологической колее осуществляется по посевам сельскохозяйственных культур в процессе ухода за растениями, в результате этого на полосах технологической колее остается уцелевший необрушенный урожай, который в последующем приходит в негодность. При этом полосы постоянной технологической колее зарастают сорняками при отсутствии соответствующей обработки почвы после уборки урожая.



а)



б)



в)



г)

а, б – в процессе вегетации растений; в – прямой участок; г – поворотный участок
Рисунок 1 – Сформированная постоянная технологическая колее
на посевах озимой пшеницы ООО «Красногвардейская зерновая компания»



а)



б)

а – прорастание урожая на колесе; б – зарастание сорняками

Рисунок 2 – Полосы постоянной технологической колее
на посевах озимой пшеницы ООО «Красногвардейская зерновая компания»

Натурное обследование сельскохозяйственных полей ООО «Группа компаний «Русагро», на которых возделывается соя, таких сортов как Белгородская, Ланцетная и т.д., осуществлялось в 2023 и 2024 годах. Установлено, что постоянная технологическая колея по посевам сельскохозяйственных культур сои принципиально формируется при уходе за растениями. Так как посевам сои требуют постоянного ухода, а именно внесения удобрений, борьбы с сорняками, вредителями и болезнями, то движителями сельскохозяйственной техники при ее перемещении по посевам изначально уничтожаются всходы сельскохозяйственных культур (рисунок 3). В результате этого посевам сои будут отсутствовать на полосах сформированной постоянной технологической колеи. В дальнейшем полосы, на которых отсутствуют вегетирующие растения, являются источником развития сорняков, увеличенной интенсивности испарения влаги из почвы, а все растения, произрастающие рядом с полосами, будут иметь повышенный срок созревания. При этом в процессе формирования постоянной технологической колеи при уходе за растениями ее направление зависит от конфигурации поля и прилегающих к полю грунтовых дорог, и не всегда параллельно рядам вегетирующих растений.



а)

б)

а, б – в процессе вегетации растений

Рисунок 3 – Сформированная постоянная технологическая колея на посевах сои ООО «Группа компаний «Русагро»

При возделывании подсолнечника постоянную технологическую колею не создают и не формируют. В процессе натурального обследования посевов подсолнечника в 2024 г., принадлежащих ООО «Красногвардейская зерновая компания» было установлено, что проезд сельскохозяйственной техники при уходе за растениями реализуется между рядами (рисунок 4а). Это связано с тем, что посев подсолнечника осуществляется широкорядным способом, где ширина между рядами составляет 75 см (рисунок 4б). Принимаемая ширина междурядья обеспечивает беспрепятственный проезд сельскохозяйственной техники, а ее движители не повреждают вегетирующие растения.



а)

б)

а – ряды растений; б – ширина междурядья

Рисунок 4 – Посевы подсолнечника ООО «Красногвардейская зерновая компания»

Проведенное натурное обследование в 2024 г. посевов кукурузы, принадлежащих АО «АПК «Бирюченский» (рисунок 5а) дало возможность зафиксировать, что расстояние между рядами равно 75 см (рисунок 5б) обеспечивает беспрепятственный проезд сельскохозяйственной техники при уходе за растениями. Таким образом, на посевных площадях, на которых возделывается кукуруза, постоянная технологическая колея не создается и не формируется. При этом в качестве полос постоянной технологической колеи, по которым проходят движители сельскохозяйственной техники, выступают междурядья растений.



а – ряды растений; б – ширина междурядья
Рисунок 5 – Посевы кукурузы АО «АПК «Бирюченский»

Посевы сахарной свеклы, принадлежащие ООО «Агротех-гарант» Алексеевский, в 2024 г. были подвержены натурному обследованию, и было установлено, что постоянная технологическая колея создается изначально при выполнении ранневесенних посевных работ (рисунок 6). При изначальном создании постоянной технологической колеи незасеянные полосы образуются путем определенной настройки высевальных аппаратов сеялки. В результате этого при уходе за растениями движители сельскохозяйственной техники располагаются в рамках незасеянных полос и не уничтожают посевы сахарной свеклы. Направление постоянной технологической колеи строго зависит от направления рядов сахарной свеклы, а ряды сахарной свеклы были направлены перпендикулярно грунтовым дорогам или параллельно направлению длинной стороны поля.



Рисунок 6 – Созданная постоянная технологическая колея
на посевах сахарной свеклы ООО «Агротех-гарант» Алексеевский

Проведенное натурное обследование посевов основных сельскохозяйственных культур, возделываемых на территории Центрального Черноземья, показало, что создание или формирование постоянной технологической колеи является неотъемлемой частью процесса ухода за вегетирующими растениями. Как правило, создание и формирование постоянной технологической колеи реализуется, если между рядами растений расстояние составляет менее 50 см. При создании или формировании постоянной технологической колеи отводится определенная

площадь поля для обеспечения ее полноценного функционирования. Отводимая площадь конкретного поля под постоянную технологическую колею зависит от ее параметров, а именно от ширины и протяженности полос, предназначенных для прохода движителей сельскохозяйственной техники.

Результаты и обсуждение. В процессе проведения натурного обследования сформированной постоянной технологической колеи на посевах озимой пшеницы были выполнены замеры ширины полос, которые формировались движителями сельскохозяйственной техники. Ширина полос постоянной технологической колеи зависит от используемой сельскохозяйственной техники. Например, при использовании самоходного опрыскивателя STARA IMPERADOR 4000 средняя ширина составила 500 мм (рисунок 7а). При использовании прицепных опрыскивателей САМРО 44-65, работающих в паре с МТЗ-82, средняя ширина полос на прямом участке составила 650 мм (рисунок 7б). При этом независимо от используемой сельскохозяйственной техники для ухода за растениями средняя ширина полос постоянной технологической колеи на поворотных участках составила 900 мм (рисунок 7в). Замеры выполнялись на десяти пробных площадях, заложенных на разных сельскохозяйственных полях. Пять пробных площадей закладывались на прямых участках, где каждая пробная площадь имела ширину 100 м и длину 500 м. Остальные пять пробных площадей закладывались на поворотных участках, где каждая пробная площадь имела ширину 30 м и длину 100 м.



а)



б)



в)

а – при использовании самоходного опрыскивателя; б – при использовании прицепного опрыскивателя; в – на поворотных полосах

Рисунок 7 – Ширина полос постоянной технологической колеи на посевах озимой пшеницы ООО «Красногвардейская зерновая компания»

Увеличение ширины полосы при формировании постоянной технологической колеи от рекомендуемой ширины, равной 450 мм, связано с отсутствием четкого ориентира движения сельскохозяйственной техники по посевам сельскохозяйственных культур при уходе за растениями. На основании приведенных данных принимаем, что при формировании постоянной технологической колеи на прямых участках самоходными опрыскивателями ширина полос постоянной технологической колеи равна 500 мм. Если используется прицепной опрыскиватель в паре с трактором, то ширину полос постоянной технологической колеи на прямом участке принимаем равной 650 мм. На всех поворотных участках ширина полос постоянной

технологической колеи равна 900 мм. Необходимо также отметить, что полученные данные для посевов озимой пшеницы справедливы и для посевов ярового ячменя.

Для замеров ширины полос формирующейся постоянной технологической колеи при уходе за растениями на полях, где возделывается соя, было заложено пять пробных площадей. Пробные площади закладывались на разных участках сельскохозяйственных полей. На каждой пробной площади были выполнены замеры полос, где установлено, что при использовании самоходного опрыскивателя STARA IMPERADOR 4000 средняя ширина полос составила 500 мм (рисунок 8). Установленная средняя ширина полос сформированной технологической колеи больше рекомендуемой из-за отсутствия изначального ориентира движения сельскохозяйственной техники.

Полученная средняя ширина полос сформированной постоянной технологической колеи по посевам сои движителями самоходного опрыскивателя и прицепного опрыскивателя соответствует ширине полос сформированной постоянной технологической колеи по посевам озимой пшеницы движителями указанных технических средств.



а) б)
а, б – при использовании самоходного опрыскивателя

Рисунок 8 – Ширина полос постоянной технологической колеи на посевах сои
ООО «Группа компаний «Русагро»

При создании постоянной технологической колеи на посевах сахарной свеклы изначально формировались незасеянные полосы для проезда сельскохозяйственной техники. Все незасеянные полосы на прямых участках, а также полосы на всех поворотных участках постоянной технологической колеи имели ширину 900 мм (рисунок 9а) при ширине междурядья 450 мм. Расстояние между рядами, находящимися внутри постоянной технологической колеи составляет 600 мм (рисунок 9б). Созданная ширина полос постоянной технологической колеи достаточна для прохода самоходного опрыскивателя или прицепного опрыскивателя в паре с трактором без повреждения вегетирующих растений. Все замеры осуществлялись на десяти пробных площадях. Пробные площади закладывались на разных участках. Первые пять пробных площадей закладывались на прямом участке, где каждая пробная площадь имела ширину 100 м и длину 500 м. Остальные пять пробных площадей закладывались на поворотных участках, где каждая пробная площадь имела ширину 30 м и длину 100 м.

На основании полученных данных по замерам ширины незасеянных полос созданной постоянной технологической колеи на посевах сахарной свеклы, принимаем, что независимо от вида используемой сельскохозяйственной техники для ухода за растениями, ширина полос на поворотных и прямых участках равна 900 мм. При этом для определения общей площади сельскохозяйственного поля, отводимой под постоянную технологическую колею, из-за ширины междурядья 450 мм, необходимо ширину незасеянных полос принимать 525 мм. Данная ширина складывается из расчета, что при создании постоянной технологической колеи на одну незасеянную полосу по факту отводится 450 мм ширины посевного участка, а также присутствует увеличенное расстояние междурядья внутри постоянной технологической колеи на 150 мм. Таким образом, ширина одной полосы равна $450+150/2=525$ мм.



а) – ширина полосы созданной постоянной технологической колеи;
 б) – ширина между рядами внутри созданной технологической колеи
 Рисунок 9 – Посевы сахарной свеклы ООО «Агротех-гарант» Алексеевский

Протяженность полос постоянной технологической колеи, а именно их общая длина зависит от ряда факторов. Первый фактор – это геометрическая конфигурация сельскохозяйственных полей. Вторым фактором – используемая для ухода за растениями сельскохозяйственная техника, определяющая ширину захвата обработки. Третьим фактором – направление постоянной технологической колеи относительно наиболее длинной стороны поля. В практических условиях два сельскохозяйственных поля, имеющие одинаковую площадь, но разную геометрическую конфигурацию и направление постоянной технологической колеи относительно наиболее длинной стороны поля, будут включать в себя разную протяженность полос технологической колеи.

Расчет протяженности полос постоянной технологической колеи на единицу площади осуществляли при следующих условиях. Геометрическая конфигурация сельскохозяйственного поля имеет прямоугольную форму, где длинная сторона поля (длина поля) в три раза больше короткой (ширины поля), то есть отношение ширины поля к длине поля – 1/3. Направление постоянной технологической колеи, расположенной на прямом участке, относительно длины поля – параллельное. Ширина захвата сельскохозяйственной техники $b_3 = 24$ м, то есть рабочая ширина штанги самоходного или прицепного опрыскивателя. Радиус разворота сельскохозяйственной техники составляет $R = 7,1$ м. Все расчеты производились на основании следующей формулы

$$L = l_{по} + l_{пр}, \quad (1)$$

где L – общая протяженность полос постоянной технологической колеи, м;

$l_{по}$ – протяженность полос постоянной технологической колеи на поворотных участках, м;

$l_{пр}$ – протяженность полос постоянной технологической колеи на прямом участке, м;

Протяженность полос постоянной технологической колеи на поворотных участках рассчитывается по выражению

$$l_{по} = n_{п} m_{пов} \left(b_{шип} - \frac{b_3}{2} + \frac{\pi R}{2} m_{птк} \right), \quad (2)$$

где $n_{п}$ – количество полос в постоянной технологической колее, равно 2;

$m_{пов}$ – количество поворотных участков на поле, равно 2;

$b_{шип}$ – ширина поля, м;

π – число «пи» – постоянное, равно 3,14;

$m_{птк}$ – количество постоянных технологических колеи на прямом участке.

Количество постоянных технологических колеи на прямом участке равно

$$m_{птк} = \frac{b_{шип}}{b_3}. \quad (3)$$

Полученный по формуле (3) показатель округляется до целого значения в большую сторону, который в дальнейшем используется во всех расчетах.

Протяженность полос постоянной технологической колеи на прямом участке рассчитывается следующим образом

$$l_{пп} = n_{п} m_{пкк} (l_{дп} - b_3 - 2R), \quad (4)$$

где $l_{дп}$ – длина поля, м.

Все расчеты протяженности полос постоянной технологической колеи осуществлялись на основании приведенных формул с учетом принятых условий. Расчет производился для полей площадью 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 и 80 га. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Согласно представленным данным в таблице 1 протяженность полос постоянной технологической колеи возрастает с увеличением площади поля, на котором осуществляется уход за посевами. При этом интенсивность возрастания протяженности полос постоянной технологической колеи на прямых участках больше интенсивности возрастания протяженности полос на поворотных участках. Это связано с тем, что при увеличении площади поля возникает необходимость в создании или формировании постоянной технологической колеи большой протяженностью на прямых участках. Так как данная технологическая колея обеспечивает проезд сельскохозяйственной техники в процессе ухода за растениями по основной площади поля.

Проведенные исследования параметров постоянной технологической колеи позволили обосновать ширину полос, предназначенных для прохода движителей самоходного опрыскивателя или прицепного опрыскивателя, работающего в паре с трактором, при уходе за растениями. Также расчетным путем была установлена общая протяженность полос постоянной технологической колеи в зависимости от площади поля и его конфигурации. Полученные данные позволяют рассчитать процент отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею, предназначенную для ухода за растениями.

Таблица 1 – Результаты расчета протяженности полос постоянной технологической колеи

Показатели	Площадь сельскохозяйственного поля, га									
	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80
Длина поля, м	173,1	387,3	547,7	774,6	948,7	1095,4	1224,7	1341,6	1449,1	1549,2
Ширина поля, м	57,7	129,1	182,6	258,2	316,2	365,1	408,2	447,2	483,1	516,4
Протяженность полос постоянной технологической колеи на поворотных участках, м	317	736	1039	1475	1841	2126	2387	2588	2821	2999
Протяженность полос постоянной технологической колеи на прямых участках, м	809	4189	8152	16201	25494	33830	42714	49529	59258	66484
Общая протяженность полос постоянной технологической колеи, м	1126	4925	9191	17676	27335	35956	45101	52117	62079	69483

Используя полученные данные ширины полос постоянной технологической колеи, которая изменяется в зависимости от вида используемой сельскохозяйственной техники по уходу за растениями и разнообразия возделываемых сельскохозяйственных культур, а также данные приведенные в таблице 1, был осуществлен расчет процента отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею, предназначенную для ухода за растениями. Все расчетные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результат расчета процента отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею

Показатели	Площадь сельскохозяйственного поля, га									
	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80
Посевы озимой пшеницы при использовании самоходного опрыскивателя										
Общая площадь полос постоянной технологической колеи, га	0,069	0,276	0,501	0,943	1,440	1,883	2,351	2,709	3,217	3,594
Процент отводимой площади, %	6,9	5,5	5,0	4,7	4,8	4,7	4,7	4,5	4,6	4,5
Посевы озимой пшеницы при использовании прицепного опрыскивателя										
Общая площадь полос постоянной технологической колеи, га	0,081	0,339	0,623	1,186	1,823	2,390	2,991	3,452	4,106	4,591
Процент отводимой площади, %	8,1	6,8	6,2	5,9	6,0	6,0	6,0	5,8	5,9	5,7
Посевы сои при использовании самоходного опрыскивателя										
Общая площадь полос постоянной технологической колеи, га	0,069	0,276	0,501	0,943	1,440	1,883	2,351	2,709	3,217	3,594
Процент отводимой площади, %	6,9	5,5	5,0	4,7	4,8	4,7	4,7	4,5	4,6	4,5
Посевы сои при использовании прицепного опрыскивателя										
Общая площадь полос постоянной технологической колеи, га	0,081	0,339	0,623	1,186	1,823	2,390	2,991	3,452	4,106	4,591
Процент отводимой площади, %	8,1	6,8	6,2	5,9	6,0	6,0	6,0	5,8	5,9	5,7
Посевы сахарной свеклы при использовании самоходного и прицепного опрыскивателей										
Общая площадь полос постоянной технологической колеи, га	0,059	0,259	0,483	0,928	1,435	1,888	2,368	2,736	3,259	3,648
Процент отводимой площади, %	5,9	5,2	4,8	4,6	4,8	4,7	4,7	4,6	4,7	4,6

Представленные данные в таблице 2 регламентируют, что при формировании постоянной технологической колеи на посевах озимой пшеницы и сои, процент отводимой площади сельскохозяйственного поля под полосы технологической колеи зависит только от вида используемой сельскохозяйственной техники и не зависит от вида возделываемых сельскохозяйственных культур. Таким образом, полученный процент отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею, предназначенную для ухода за растениями, справедлив и для таких сельскохозяйственных культур как яровая пшеница, яровой ячмень, просо, горчица, рапс и т.д., то есть для сельскохозяйственных культур, которые сеются узкополосным способом. В свою очередь процент отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею, предназначенную для ухода за посевами сахарной свеклы, отличается от процента отводимой площади под постоянную технологическую колею, предназначенную для ухода за озимой пшеницей или соей. Данный процент не зависит от используемой сельскохозяйственной техники, а зависит от установленных размеров междурядья и способа создания постоянной технологической колеи при посеве сахарной свеклы.

Наименьший процент отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею требуется на посевных площадях, где возделывается такая сельскохозяйственная культура, как сахарная свекла. При этом наибольшая интенсивность изменения процента отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею наблюдается, когда площадь поля изменяется от 1 га до 10 га. В случае, когда площадь поля изменяется от 10 га до 80 га процент отводимой площади

сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею стабилизируется. Так как сельскохозяйственные поля, расположенные в Центральном Черноземье, преимущественно имеют площадь близкую к 80 га, то процент отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею при уходе за посевами сельскохозяйственных культур (озимая и яровая пшеница, яровой ячмень, просо, горчица, рапс и т.д.) с помощью самоходного опрыскивателя, следует принимать 4,7. Процент отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею при уходе за посевами сельскохозяйственных культур (озимая и яровая пшеница, яровой ячмень, просо, горчица, рапс и т.д.) с помощью прицепного опрыскивателя, работающего в паре с трактором, следует принимать 5,9. В свою очередь процент отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею при уходе за посевами сахарной свеклы рекомендуется принимать 4,7, не зависимо от используемого опрыскивателя.

Заключение. Интенсивная технология возделывания сельскохозяйственных культур в Центральном Черноземье включает в себя выполнение комплекса работ, в том числе создание или формирование постоянной технологической колеи, что является неотъемлемой частью процесса ухода за растениями. Создание или формирование постоянной технологической колеи осуществляется на поворотных и прямых участках. Постоянная технологическая колея на поворотных участках предназначена для разворота сельскохозяйственной техники и проезда ее на постоянную технологическую колею, расположенную на прямых участках. Постоянная технологическая колея на прямых участках – это транспортный путь, предназначенный для проезда сельскохозяйственной техники при уходе за посевами сельскохозяйственных культур на основной площади поля.

Параметрами постоянной технологической колеи являются ширина и протяженность полос, предназначенных для прохода движителей сельскохозяйственной техники. Ширина полос постоянной технологической колеи зависит от вида используемой сельскохозяйственной техники для ухода за растениями и вида возделываемых сельскохозяйственных культур. Длина полос постоянной технологической колеи зависит от геометрической конфигурации сельскохозяйственного поля и рабочих параметров используемой сельскохозяйственной техники.

Процент отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею, предназначенную для ухода за посевами сельскохозяйственных культур, зависит от вида возделываемых сельскохозяйственных культур на данной площади и вида используемой сельскохозяйственной техники по уходу за растениями. Доказано, что при использовании самоходного опрыскивателя для ухода за сельскохозяйственными культурами, которые сеются узкополосным способом, процент отводимой площади поля под постоянную технологическую колею меньше, чем при использовании прицепного опрыскивателя работающего в паре с трактором.

При использовании самоходного опрыскивателя для ухода за посевами сельскохозяйственных культур, которые сеются узкополосным способом, процент отводимой площади поля под постоянную технологическую колею для принятых условий равен 4,7, а при использовании прицепного опрыскивателя работающего в паре с трактором, процент отводимой площади имеет значение 5,9. Процент отводимой площади сельскохозяйственного поля под постоянную технологическую колею при возделывании сахарной свеклы не зависит от вида используемой сельскохозяйственной техники и составляет 4,7.

Список источников

1. Ajoy Kumar Singh, Vishwa Bandhu Patel. Sustainable agriculture-advances in technological interventions. Apple Academic Press, 2020. 560 p.
2. Lin Zhen, Michael Zoebisch. Resource use and agricultural sustainability: risks and consequences of intensive cropping in China. GmbH, 2006. 202 p.
3. Carol Hand. Sustainable agriculture. ABDO Publishing Company, 2015. 115 p.
4. Muhammad Farooq, Kadambot H.M. Siddique. Conservation agriculture. Springer International Publishing, 2015. 665 p.
5. Rattan Lal, B.A. Stewart. Soil-specific farming: precision agriculture. CRC Press, 2015. 431 p.

6. Zhang, Qin. Precision agriculture technology for crop farming. CRC Press, 2015. 396 p.
7. Charis Michel Galanakis. Sustainable food systems from agriculture to industry: improving production and processing. Academic Press, 2018. 442 p.
8. Циков В.С., Матюха Л.А. Интенсивная технология возделывания кукурузы. М.: Агропромиздат, 1989. 247 с.
9. Интенсивные технологии возделывания зерновых и технических культур: под. ред. А.И. Зинченко, И.М. Карасюка. К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. 327 с.
10. Интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: под. ред. Г.В. Коренева. М.: Агропромиздат, 1988. 301 с.
11. Кирюшин В.И. и др. Интенсивные технологии возделывания яровой пшеницы в Новосибирской области: рекомендации. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1987. 59 с.
12. Шаганов И.А. Практические рекомендации по освоению интенсивной технологии возделывания озимых зерновых культур: 2-е изд., доп. и перераб. Минск: Равноденствие, 2008. 180 с.
13. Паршин Б.П. и др. Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания проса. М.: Агропромиздат, 1986. 72 с.
14. Шиндин А.П., Лебедева Т.Б. Сахарная свекла. Интенсивная технология возделывания. М.: ООО НПО «РосАгроХим», 2013. 168 с.

References

1. Ajoy Kumar Singh, Vishwa Bandhu Patel. Sustainable agriculture-advances in technological interventions. Apple Academic Press, 2020. 560 p.
2. Lin Zhen, Michael Zoebisch. Resource use and agricultural sustainability: risks and consequences of intensive cropping in China. GmbH, 2006. 202 p.
3. Carol Hand. Sustainable agriculture. ABDO Publishing Company, 2015. 115 p.
4. Muhammad Farooq, Kadambot H.M. Siddique. Conservation agriculture. Springer International Publishing, 2015. 665 p.
5. Rattan Lal, B.A. Stewart. Soil-specific farming: precision agriculture. CRC Press, 2015. 431 p.
6. Zhang, Qin. Precision agriculture technology for crop farming. CRC Press, 2015. 396 p.
7. Charis Michel Galanakis. Sustainable food systems from agriculture to industry: improving production and processing. Academic Press, 2018. 442 p.
8. Tsikov V.S., Matyukha L.A. Intensive technology of corn cultivation. M.: Agropromizdat, 1989. 247 p. (In Russ.)
9. Intensive technologies of cultivation of grain and industrial crops: edited by A.I. Zinchenko, I.M. Karasyuk. K.: Vyshcha shk. Head publishing house, 1988. 327 p. (In Russ.)
10. Intensive technologies of cultivation of agricultural crops: edited by G.V. Korenev. M.: Agropromizdat, 1988. 301 p. (In Russ.)
11. Kiryushin V.I. et al. Intensive technologies of spring wheat cultivation in the Novosibirsk region: recommendations. Novosibirsk: SO VASHNIL, 1987. 59 p. (In Russ.)
12. Shaganov I.A. Practical recommendations for the development of intensive technology of cultivation of winter grain crops: 2nd ed., supplement and revision. Minsk: Equinox, 2008. 180 p. (In Russ.)
13. Parshin B.P. et al. Practical guide to the development of intensive millet cultivation technology. M.: Agropromizdat, 1986. 72 p. (In Russ.)
14. Shindin A.P., Lebedeva T.B. City candle. Intensive production technology. Moscow: NPO RosAgroHim LLC, 2013. 168 p. (In Russ.)

Информация об авторах

В.В. Васильев – кандидат технических наук; Д.Н. Афоничев – доктор технических наук, профессор.

Information about the authors

V. Vasiliev – Candidate of Technical Sciences; D. Afonichev – Doctor of Technical Sciences, Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 28.06.2024 Принята к публикации (Accepted): 20.08.2024