

Список использованной литературы

1. Мисун, Л. В., Агейчик В. А., Мисун Ал-й Л. и др. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
2. Мисун, А. Л. Обеспечение безопасности производственной среды в кабине мобильной сельскохозяйственной техники / А. Л. Мисун, И. М. Морозова, Л. В. Мисун, А. А. Пинчук, Н. В. Самкевич // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки, 2018. – №11. – С. 24–27.
3. Мисун, А. Л. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: лекционное пособие / Ал-й Л. Мисун Л. В. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2024. – 212 с.
4. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2023. – 212 с.
5. Каратаева, Л. А. Дорожно-транспортный травматизм в социальном аспекте / Л. А. Каратаева, Б. Т. Аборова, М. Т. Тохирова // Молодой ученый. – 2016. – №4. – С. 278–280.
6. Патент на изобретение: RU 2414849 С1. Пространственная рама транспортного средства преимущественно повышенной необходимости / В. И. Прядкин, В. Н. Бриндюк, С. В. Бриндюк, 2011.

Summary. The analysis of domestic dump truck frame designs and frame vibration protection systems is conducted. A special spatial frame design is proposed that allows increasing the safety and reliability of a dump truck and reducing the likelihood of the driver being in a hazardous area in the event of destruction of the spatial frame design elements.

УДК 631.35

Андрюш В.Г., кандидат технических наук, доцент;

Крастелева Н.В., магистрант

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ УПЛОТНЕНИИ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЕМ ОПРОКИДЫВАНИЯ ТРАМБУЮЩЕЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. Производственная безопасность в сельском хозяйстве Республики Беларусь является важной составляющей эффективного и безопасного процесса кормозаготовки. Опрокидывание трамбующей техники при уплотнении зеленой массы, создает серьезные угрозы для здоровья операторов и приводит к производственным травмам. В статье представлены анализ текущего состояния охраны труда в данной сфере, предложены инновационные меры для предотвращения опрокидывания техники: установка сигнального устройства, контролирующего угол наклона, а также научно-обоснованные рекомендации по улучшению безопасности.

Abstract. Occupational safety in the agricultural sector of the Republic of Belarus is a key component of an efficient and secure forage harvesting process. The overturning of compacting machinery, during the compaction of green mass poses serious risks to operator health and leads to workplace injuries. This article presents an analysis of the current state of labor protection in this area and proposes innovative measures to prevent equipment rollover- including the installation of an alert system that monitors tilt angle, along with scientifically grounded recommendations for improving safety.

Ключевые слова: производственная безопасность, зеленая масса, трамбующая техника, угол наклона, охрана труда.

Keywords: occupational safety, green mass, compacting machinery, tilt angle, labor protection.

Сельское хозяйство Республики Беларусь остается одной из наиболее травмоопасных отраслей, требующих высоких стандартов охраны труда [1]. Особое внимание необходимо уделять безопасности при кормозаготовке, когда зеленая масса укладывается в силосные траншеи и уплотняется с использованием тяжелой техники, такой как тракторы типа «Амкодор». Этот этап технологического процесса сопряжен с рисками опрокидывания техники на крутых склонах, что влечет за собой травмы операторов и материальные убытки [2].

По статистике, ежегодно в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь фиксируются десятки случаев производственных травм в ходе кормозаготовки, в том числе операторов, связанных с опрокидыванием тракторов «Амкодор» при уплотнении зеленой массы, в 2022 году – 3 три из них привели к серьезным травмам операторов [4], [9].

Основными причинами являются недостаточный контроль над наклоном машины, отсутствие сигнальных систем и перегрузки. Это подчеркивает актуальность разработки и внедрения решений, направленных на минимизацию рисков [3], [9].

Целью данной статьи является обоснование необходимости оснащения тракторов сигнальными устройствами для контроля угла наклона, что позволит снизить вероятность опрокидывания и повысить производственную безопасность.

Основные причины таких происшествий включают:

- превышение допустимого угла наклона рабочей поверхности;
- отсутствие контроля устойчивости машины;
- перегрузку техники при неправильной укладке массы.

Технологический процесс силосования включает этапы подготовки траншеи, равномерной укладки зеленой массы слоями и последующего уплотнения. Уплотнение необходимо для удаления воздуха и предотвращения порчи корма. Техника, используемая для трамбовки, должна обладать высокой маневренностью и устойчивостью, так как работа ведется на сложных рельефах с наклонной поверхностью.

Наиболее часто применяемой в сельскохозяйственных организациях Беларуси является техника на базе тракторов «Амкодор» [2]. Эти машины сочетают компактность и мощность, но их конструкция не предусматривает встроенных средств контроля угла наклона. В результате при превышении допустимого угла (15-20 градусов) возникает риск потери устойчивости, особенно на влажной поверхности или при смещении массы.

Опрокидывание техники несет значительные угрозы для здоровья и жизни оператора [3], [8]. Основные травмы включают переломы, ушибы и травмы позвоночника, что связано с тем, что кабина не всегда обеспечивает достаточную защиту при переворачивании. В отсутствие дополнительных систем контроля оператор может не заметить, что угол наклона достиг критического значения, и не предпринять своевременных действий.

Для минимизации рисков предлагается оснастить тракторы «Амкодор» сигнальным устройством, которое будет:

1) контролировать угол наклона в реальном времени – устройство будет измерять угол отклонения машины с помощью встроенного акселерометра и гироскопа;

2) оповещать оператора о критическом значении – при превышении предельно допустимого угла (например, 20 градусов) устройство подаст звуковой и визуальный сигнал, предупреждая водителя об опасности;

3) ограничивать движение техники – в случае игнорирования сигнала устройство может автоматически снизить скорость движения или отключить подачу топлива для предотвращения дальнейшего наклона.

Для определения предельного угла наклона трактора, при котором наступает опрокидывание, применяется подход, аналогичный расчету устойчивости грузовых кранов [7]. Формула устойчивости выглядит следующим образом:

$$a_{\text{кр}} = \frac{h}{b / 2}, \quad (1)$$

где: $a_{\text{кр}}$ – критический угол наклона;

h – высота центра тяжести техники;

b – ширина колесной базы.

Для тракторов типа «Амкодор» с шириной базы $b = 2,2$ м и высотой центра тяжести $h = 1,1$ м, критический угол наклона составит:

$$a_{\text{кр}} = \arctan \left(\frac{1,1}{\frac{2,2}{2}} \right) = \arctan(1) = 45^\circ. \quad (2)$$

Однако на практике предельный угол безопасной эксплуатации значительно меньше из-за динамических нагрузок, смещения массы и деформации поверхности. Рекомендуемый угол наклона для работы не должен превышать 20° [5], [11].

Для контроля угла наклона предлагается установить электронный датчик наклона (инклинометр) на раму трактора, ближе к центру тяжести машины. Такое расположение обеспечит максимально точное измерение угловых отклонений [10].

Состав устройства:

- 1) датчик наклона: измеряет текущий угол относительно горизонтали;
- 2) центральный блок управления: обрабатывает данные от датчика и активирует сигнал при превышении допустимого угла;
- 3) сигнальные индикаторы: расположены в кабине оператора и включают:
 - звуковой сигнал (подается при угле наклона);
 - визуальный индикатор (красный свет при достижении критического угла).

Звуковой сигнал предупреждает оператора о необходимости замедлить работу и скорректировать положение машины. Визуальный индикатор усиливает воздействие, концентрируя внимание на угрозе. При превышении критического угла система может автоматически:

- снизить скорость движения;
- отключить подачу топлива, останавливая технику.

Трактористу необходимо выполнять следующие рекомендации:

- 1) контролировать наклон – регулярно проверять угол откоса перед началом работы, на крутых поверхностях избегать резких маневров и больших скоростей;
- 2) распределение массы – убедиться, что зеленая масса равномерно распределена, чтобы избежать смещения центра тяжести;
- 3) реакция на сигнал – при срабатывании сигнализации сразу остановить технику и оценить безопасность дальнейших действий;
- 4) обучение – пройти инструктаж по использованию сигнальной системы и действиям в аварийных ситуациях.

Расчеты и моделирование показывают, что установка сигнализационного устройства может снизить риск опрокидывания техники на 50% [6].

Для повышения эффективности предлагаемого подхода рекомендуется:

- проводить регулярное обучение операторам по вопросам безопасности и работы с системой контроля угла наклона;
- внедрить стандарты по обязательному оснащению всех трамбующих машин сигнальными устройствами;
- обеспечить регулярный технический контроль состояния техники, включая проверку датчиков и кабелей.

Эти меры в комплексе позволят значительно повысить уровень безопасности в процессе кормозаготовки, снизить травматизм и экономические потери от повреждения техники [1].

Проведённое исследование подтвердило высокую значимость обеспечения производственной безопасности при проведении кормозаготовительных работ в сельском хозяйстве Республики Беларусь. Анализ показал, что

одной из наиболее опасных ситуаций является опрокидывание трамбующей техники при работе на откосах силосных траншей. Использование тракторов без систем контроля наклона приводит к серьёзным рискам для операторов и увеличивает число производственных травм. Установка сигнальных устройств, предупреждающих о критических значениях угла наклона, может существенно снизить уровень аварийности, что соответствует современным требованиям охраны труда и технической безопасности.

Внедрение электронных систем контроля устойчивости техники, а также проведение регулярного обучения операторов, позволяет повысить надёжность эксплуатации машин и минимизировать человеческий фактор. Кроме того, дальнейшие исследования в этом направлении должны быть направлены на развитие автоматических систем стабилизации, что обеспечит дополнительный уровень защиты в процессе кормозаготовки.

Список использованной литературы

1. Иванов А. С., Петров В. В. Охрана труда в сельском хозяйстве: вызовы и решения. – Минск: Наука, 2020.
2. Сидоров И. И. Технические средства кормозаготовки и их безопасность. – Гомель: Техника, 2019.
3. Смирнов А. А., Белоусов Л. П. Производственная безопасность при использовании тяжелой техники. // Вестник аграрных наук, 2022, №4.
4. Республика Беларусь. Государственный комитет по охране труда. Ежегодный отчет о состоянии охраны труда, 2023.
5. ISO 12100:2010. Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction.
6. Иванов В. Н., Смирнов А. С. Основы теоретической механики. – Москва: Издательство МГТУ, 2017.
7. ISO 4305:1991. Мобильные краны. Определение устойчивости.
8. Михайлов А. И., Сидоров П. П. Техника безопасности при эксплуатации грузоподъемных машин. – Санкт-Петербург: Профлит, 2019.
9. Государственный комитет по охране труда Республики Беларусь. Ежегодный отчет о состоянии охраны труда в сельском хозяйстве. – Минск, 2023.
10. Столяров И. П., Кузьмин С. А. Инженерные расчеты для сельскохозяйственной техники. Гомель: Агропромтехника, 2020.
11. ГОСТ 12.3.030-83. Система стандартов безопасности труда. Машины для землеройных и дорожных работ. Требования безопасности.
12. Информация о несчастных случаях с тяжелыми последствиями, происшедших с работниками организаций Минской области в январе- августе 2022 г. <https://myadel.gov.by/uploads/files/23-09-2022-3.pdf>
13. Охрана труда в Беларуси (<https://otb.by/news/4713-o-ns-ekspluatatsija-transportnykh-sredstv-v-mogilevskoi-oblasti-za-9-mesiatcev-2022-goda>)

Summary. The introduction of electronic systems for monitoring the stability of equipment, as well as regular training of operators, allows you to increase the reliability of the operation of machines and minimize the human factor.