

## Специфика вопроса модернизации универсально-пропашных тракторов для условий ландшафтной нестабильности

*М.Б. Фомин, ст. преподаватель, В.С. Стеновский, к.т.н., Л.Р. Фомина, аспирантка, Н.Г. Егорова, аспирантка, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ*

На сегодняшний день достоверной является задача развития аграрного производства, решения которой можно добиться за счёт внедрения новых ресурсосберегающих технологий, повышения эффективности технологических процессов, использования навигационных систем и т.д. При этом необходимо постоянно иметь в виду, что рациональные производственно-технологические процессы, реализуемые на негоризонтальных опорных поверхностях, должны категорироваться как нестабильные. Специфика взаимодействия с геоаграрной средой при лабильности ландшафтных характеристик предполагает режимную адаптацию сельскохозяйственной техники в условиях реального производства, что требует формирования новых методов и практических подходов в сфере технического инновационирования.

Как отмечают исследователи, значительная часть сельхозугодий в Российской Федерации находится на территории со склонами от 5 до 16°, что прежде всего ведёт к аварийным ситуациям, связанным с переворачиванием технологических машин и механическими повреждениями машинно-тракторных агрегатов (МТА) при смещении по склону, а также к перерасходу топлива в связи с постоянной корректировкой траектории движения [1, 2].

Следует отметить и другую сторону проблемы эксплуатации мобильной техники в склонном земледелии. В её основе лежат как транспортные операции, так и собственно процесс перемещения (переезд) мобильной машины между объектами (территориями) её эксплуатации.

Несмотря на то что уровень механизации технологических процессов на территориях со сложным рельефом должен устанавливаться на основе современного инновационирования инженерных систем, в производственной сфере доминирует тенденция использования классической равнинной техники с устойчивостью, управляемостью и маневренностью, ориентированной на горизонтальные опорные поверхности.

**Материал, методы и результаты исследования.** Рассматривая конкретно транспортный режим колёсной машины, необходимо отметить наличие специального механизма, спроектированного для серийной модели, позволяющего регулировать поперечную базу. Это соответствует требованиям перевода трактора из технологического состояния в транспортное и должно обеспечивать создание безопасных условий труда при переездах и выполнении транспортных операций на пересечённой местности. Однако длительность операций по переоборудованию трактора на транспортную колею и обратно (до 1,5 часа) приводит к ситуации, когда тракторист делает попытку осуществить переезд к месту работы на технологической колее. Как показывает статистика, в производственных условиях зафиксировано 23% случаев аварийного увода машины с трассы, 9% случаев опрокидывания машины с травмированием механизатора, 5% случаев – с летальным исходом. Говорить о материальном уроне в данном примере излишне.

Исследования по вышеобозначенной проблеме проводятся давно. Так, П.А. Амельченко, И.П. Ксенович и В.В. Гуськов определили закономерности влияния склона рабочей поверхности на параметры работы машинно-тракторного агрегата [1]. Достоверно установлено, что уклон в 7° ведёт к уменьшению поступательной скорости в 1,5–2 раза, а в

10° – к снижению тяговой мощности на 25%. Также режимные аномалии, возникающие при эксплуатации колёсных тракторов в склонном земледелии, негативно влияют на урожайность сельскохозяйственных культур и ведут к переутомляемости оператора в процессе стабилизации заданного курса, боковой увод от которого интенсифицируется боковой силой и зависит от силы нормальной реакции и условий сцепления с несущим грунтом.

Как известно, с целью предотвращения сползания МТА механизатору приходится периодически выставлять управляемые колёса под углом к вершине склона, что ведёт к периодическому изменению траектории движения и переводу трактора в режим рыскания. Кроме того, наблюдается перемещение грунтовой массы как результат воздействия на неё колёс, приводящего к эрозионным последствиям и увеличенному изнашиванию механических систем трактора.

Однако актуализация проблемы поперечной устойчивости колёсных машин (в том числе тракторов сельскохозяйственного назначения) закономерна и достоверна в связи с повышенными транспортными скоростями мобильных энергетических средств (МЭС), а также извилистостью траектории, которая предполагает периодическое изменение направления движения к верхней части склона. В этих условиях составляющая центробежной силы параллельна поверхности уклона, направлена вниз по уклону и суммируется с боковой составляющей веса. Более того, извилистый принцип движения без тягового сопротивления на крюке опаснее для поперечной устойчивости, поскольку в данном случае отсутствует боковая составляющая, направленная в сторону, противоположную действию центробежной силы. Настоящая гипотеза лежит в основе теории поворота, имеющего установившийся характер. В соответствии с ней величина критического угла поперечного уклона зависит от величины, характеризующей поперечную устойчивость машины, а также от величины, пропорциональной квадрату скорости и обратно пропорциональной радиусу поворота эксплуатируемой машины. Т.е., чем выше расположен центр тяжести и чем уже колея, тем меньше критический угол.

Вместе с тем следует иметь в виду, что проблема поперечной устойчивости на уклонах усугубляется в результате недостаточной величины тормозной силы, роль которой выполняет боковая реакция дороги. Движущийся трактор начинает отклоняться от траектории ещё и в результате сползания. К тому же серийное использование эластичных шин способствует проявлению бокового увода колёсной машины, что также приводит к необходимости подруливания механизатором в направлении верхней части уклона. Т.е. фактически движущееся вдоль склона колёсное мобильное энергетическое средство постоянно находится в фазе интегрирования центробежной силы и боковой составляющей его веса.

В некоторое время инженерами-конструкторами разработано и внедрено многофункциональное техническое обеспечение стабилизации колёсных тракторов на наклонной опорной поверхности. Однако, как показал анализ, специфика проводимых модернизационных мероприятий приоритетно заключалась в создании устройств и приспособлений для обеспечения поступательного движения в плане сохранения стабильности или улучшения тягово-сцепных характеристик колёсных тракторов. Типовым подходом в данном случае можно считать перевод энергонасыщенных тракторов на гусеничный ход [2], установку спаренных колёс [3] или формирование каткового движителя. Для пропашных тракторов практикуется установка съёмных уширительных ободьев, а также других приспособлений, увеличивающих площадь пятна контакта с опорной поверхностью, чему принципиально соответствует конфигуративно-параметрическая оптимизация элементов протектора [1] вплоть до установки дополнительных грунтозацепов с технологизированными формами. Конечно, несмотря на то что конструкторы делали акцент на улучшение тягово-сцепных свойств мобильной техники, вопрос поперечной устойчивости также имел своё решение, поскольку, хотя и косвенно, технические вариации предполагали увеличение поперечной базы машины. Как известно, особенность ситуации заключается в том, что для выполнения агротехнологических операций необходима не расширенная, а технологическая колея, что послужило мотивацией к созданию комплекса устройств, делающих возможным эксплуатацию долинных тракторов в склонном земледелии. При этом конструкторы, сохраняя серийную параметрическую базу машин, обеспечивают её функциональность без появления сползания и проявления увода, но в пределах величины критического угла поперечного уклона.

Необходимо дать положительную оценку разнообразию методических подходов и их технической реализации при решении вопроса поперечной траекториальной устойчивости. Инженерами-исследователями были предложены проекты, начиная от простых, но эффективных почвенных рулей и заглубляющихся дисков до сложных конструкционных автоматов-манипуляторов балластными массами. Учёные разработали уникальные методы исследований и дали практические рекомендации по позитивной реализации такого порочного явления, как буксование [1]. На современном этапе разработан и оптимизирован способ регулирования углов увода [4], позволяющий в режиме сбережения человеческого ресурса управлять мобильным энергетическим средством в пределах заданного технического коридора.

Перевод колёсного трактора в транспортное состояние, в том числе подготовка к переездам, требует коррекции эксплуатационного режима, предпосылкой чего является повышение скорости

движения. Обеспечение поперечной устойчивости в данном случае должно быть ориентировано на технические мероприятия, учитывающие возможность бокового опрокидывания, и наиболее распространённым техническим решением является увеличение поперечной базы колёсного движения. Более 30% моделей современных колёсных тракторов сельскохозяйственного назначения оснащены устройствами и механизмами, позволяющими регулировать колею как передних, так и задних колёс. Причём даже с учётом сложных автоматизированных технологий в большинстве случаев конструкторы предлагают реализацию ступенчатого регулирования посредством перестановки диска относительно ступицы колеса и обода колеса относительно диска. Значительно менее затратно по времени использование телескопических устройств, винтовых механизмов, силовых гидроцилиндров, на основе гидравлических систем и управляющих устройств. Подобные конструкции достаточно сложны, поэтому процент их внедрения для серийных моделей невелик, всего 3%. Более того, инженеры предлагают высокотехнологические механизмы-трансформеры расстановки ведущих колёс в полуавтоматическом режиме. Управление регулированием проводится механизатором из кабины посредством серийных элементов гидросистемы трактора, когда происходит так называемый разезд колёс с конечной фиксацией по ширине колеи и направлению движения машины. Такие инновации единичны и дорогостоящие, что является ещё одной причиной нарушения технологии и положений по охране труда, направленных на обеспечение безопасности транспортного режима или режима переездов мобильного энергетического средства к месту эксплуатации.

В связи с этим в качестве альтернативы расстановки колёс конструкторами были предложены модификации тракторов с пониженным центром тяжести за счёт уменьшения дорожного просвета. Тракторы подобного типа функционально приспособлены к выполнению комплекса работ по сеноуборке, работ общего назначения и транспортировки грузов на несущих грунтах с уклоном до 16°. Если микрорельеф ровный, то их эксплуатация воз-

можна на склонах до 20°, однако при этом скорость должна находиться в пределах до 2,18 м/с. Уменьшение дорожного просвета принципиально ведёт к целому ряду модернизационных мероприятий: к сжатию пружинной подвески, замене ведущих колёс с изменением передаточного диска шестерён конечной передачи и многих других дополнений в конструкцию машин, доля которых, как следствие, в общем парке мобильной техники составляет на сегодняшний день всего 2%.

**Выводы.** В тракторостроении наиболее простым способом повышения как продольной, так и поперечной устойчивости является размещение в определённых зонах машин балластных грузов. В то же время технических решений, направленных на расширение функциональности догружающих устройств и приспособлений, обеспечивающих эксплуатационную адаптацию тракторов и сокращение времени их переоборудования от транспортного режима к выполнению технологических операций, достаточно мало. Принимая во внимание темпы роста технического перевооружения в агропромышленном комплексе России, критическим состояние исследуемого вопроса назвать нельзя, но следует провести тщательный анализ и достоверно оценить возможности, подходы и методы его решения как в научно-техническом, так и в производственно-практическом аспекте. Актуальность данного вопроса всегда будет настолько высока, насколько в условиях реального производства будут цениться человеческий фактор и безопасные условия для его реализации.

### Литература

1. Стеновский В.С. Обоснование параметров движителя колёсного трактора для эксплуатации на негоризонтальной опорной поверхности: дис. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2014.
2. Асманкин Е.М. К вопросу развития энергосберегающих технологий в АПК / Е.М. Асманкин, С.В. Юмакаева, М.Б. Фомин, А.Ж. Балмугамбетова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 2 (34). С. 77–79.
3. Асманкин Е.М., Юмакаева С.В., Реймер В.В., Стеновский В.С. Специфика концептуального развития технического обеспечения курсовой устойчивости колёсных машин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 4 (28). С. 73–76.
4. Стеновский В.С., Петров А.А., Белоусова Н.В. Повышение курсовой устойчивости колёсного трактора при движении по негоризонтальной опорной поверхности // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 1. С. 194–202.