

Обоснование способа теоретического исследования траекториальной устойчивости мобильных энергетических средств в условиях склонного земледелия

В.А. Шахов, д.т.н., профессор, С.В. Тарасова, соискатель, Е.М. Асманкин, д.т.н., профессор, Оренбургский ГАУ

В условиях склонного земледелия, несмотря на неизменность парадигмы технического преобразования АПК, выбор путей и методов исследования имеет специфику, категория и генезис которой формируется в системе факторов не только макрорельефного, но и природно-климатического характера.

Как показала научно-информационная динамика, в процессе развития склонной техники были периоды игнорирования факта гетерогенности силовых возмущений на мобильные энергетические средства (МЭС). Упрощение при параметрическом, а следовательно, и при функциональном моделировании привело к недостоверности формализации явлений и процессов технологического воздействия на биогрунты, что в свою очередь сказалось на прикладном аспекте научной теории инновационирования курсовой стабилизации тяговых энергоустановок. В результате переноса принципов курсового позиционирования МЭС с горизонтальных опорных поверхностей на наклонные закономерно проявилось противоречие в самой идее реализации данного процесса [1, 2].

Быстрое и результативное развитие навигационных систем дистанционного типа наземного и спутникового базирования привело к качественному скачку траекториальной устойчивости при почвообработке. Однако себестоимость лазерного и электронного корректирования посредством исполнительных подруливающих устройств не предполагает широкого внедрения, особенно в условиях компактного хозяйствования. Более того, при резком изменении коэффициента сцепления движителя с опорной поверхностью увод из защитной зоны переходит в сползание по аномальной траектории. После этого возврат МЭС на заданный маршрут без вмешательства оператора и разрушения технологических борозд невозможен. Дальнейшее создание сложных и дорогостоящих модификаций показало нецелесообразность данного проектного направления. Следствием этого явилась новая техническая гипотеза, основанная на принципах крутосклонного земледелия. По сути исследуемого явления было выдвинуто научное предположение о влиянии вертикальных опорных реакций и координаты центра масс тягового средства на его курсовую устойчивость при выполнении технологических операций МТА [1, 3].

Нельзя не учитывать тот факт, что технологическая литеральность тягового средства в условиях горного земледелия есть явление интегрального типа. Это явилось определяющим при выборе пути инновационного развития механизмов и средств для организации движения в технологическом коридоре. Однако как при перераспределении вертикальных реакций в контактных зонах несущей поверхности, так и при разрушении в них опорного слоя происходил боковой увод движителя на параллельную траекторию. Более того, деформация эластичного колеса, даже при условии создания «забрасывающего» контрмомента или выравнивании вертикальных реакций, не позволила зафиксировать МЭС на одной требуемой горизонтали склона [2].

В связи с этим проектно-исследовательским работам было задано новое направление, где процессы стабилизации остова и движителя транспортного средства в маршрутной системе координат рассматривались как вспомогательные. Основной упор исследователи делали на динамическую компенсацию аномального смещения тяговой машины в защитную зону. Внедрение механизмов для угловой ориентации ведущих колёс тракторов, работающих на склонах, легло в основу принципиально достоверной гипотезы векторного баланса при перемещении центра масс в условиях боковых гомогенных возмущений. Однако обоснование необходимого режима оптимизации траектории движения МЭС оказалось затруднительным, поскольку установленные теоретические зависимости между углом поворота ведущих колёс и углом наклона опорной поверхности не имели технической и технологической реализации из-за лабильности ландшафтных характеристик и характеристик несущих грунтов. Подключение к трактору систем контроля и изменения координаты центра масс не привело к значительному эффекту корректирования его траектории движения в силу тех же причин. Более того, конструктивное усложнение серийных равнинных машин вызвало задержки при срабатывании исполнительных механизмов по сигналам обратных связей сканирующих датчиков, а следовательно, нарушения режима движения как МЭС, так и МТА в целом. Увод трактора на параллельную траекторию или его аномальное смещение в коридоре движения трансформировались в «рыскающий» режим, уводящий машину за пределы защитной зоны, что является грубым нарушением агротехнических требований. Как показывает практика, в данной ситуации необходимо систематическое

вмешательство оператора в процесс управления посредством воздействия на рулевой механизм. Но при заранее установленном угле поворота ведущих колёс управление трактором в заданном коридоре движения становится проблематичным как в аспекте кинематического анализа, так и с эргономической точки зрения [3].

Эмпирические исследования показывают, что в данном случае к вертикальным колебаниям трактора от неровностей профиля агрофона и колебаниям, генерируемым в механизмах и системах самой машины, добавляются горизонтальные. Спектр частот интегральных колебаний настолько широк, что, несмотря на значительную долю гармонической составляющей в функции силового воздействия на движитель трактора, её можно отнести к разряду случайных, а это вызывает сложность при достижении требуемых тягово-динамических показателей, уровня производительности и агротехнических качеств, выполняемых технологических операций.

Таким образом, исследование вопроса курсовой устойчивости имеет общую основу с проблемой плавности хода МЭС, что предполагает развитие методов анализа динамических характеристик машины и МТА при движении в технологическом коридоре.

Если рассматривать увод машины как процесс, в основе которого лежит принцип гармонического осциллятора, то формализация методов и путей обоснования режима движения МЭС должна реализоваться на вариационных моделях физического маятника. Эта гипотеза подтверждается гомогенной составляющей силы тяжести, вызывающей боковое смещение транспортного средства при работе на склоне. Более того, при периодическом воздействии оператора на механизм рулевого управления движение машины в технологическом коридоре имеет приближение к модели вынужденных механических колебаний в плоскости опорной поверхности под действием периодически изменяющейся силы, характер и природа которой зависит как от вектора амплитуды (её можно назвать технологической), так и от силовых реакций несущих грунтов на движитель трактора.

Фактически речь идёт о том, что МЭС в составе МТА участвует в нескольких колебательных процессах, что приводит к необходимости исследования систем, интегрирующих весь амплитудно-частотный спектр характеристик движения транспортного средства по заданной технологической траектории. Также исследование требует специализированных методов и подходов для его реализации.

Как известно, любые сложные периодические колебания можно представить в виде суперпозиции одновременно совершающихся гармонических колебаний с различными амплитудами, на-

чальными фазами, а также частотами, кратными циклической частоте мобильной системы. Таким образом, поиск решения вопроса стабилизации курсового движения МТА гипотетически должен основываться на изучении процесса энергетического обеспечения как резонансных возмущений, влияющих на увод трактора из технологического коридора, так и при обосновании характеристик процесса затухания технологических колебаний и снижения амплитуды при движении МТА по наклонной поверхности за установленный период релаксации в общем релаксационном цикле.

Формализуя МЭС, как систему, исследование которой должно проводиться в аспекте обоснования режима взаимодействия с несущей опорной поверхностью, необходимо сделать некоторые допущения. Прежде всего имеет смысл говорить о том, что в процессе выполнения технологических операций конструктивно-режимные параметры МЭС остаются неизменными. В этом случае можно ставить вопрос о принципе категорирования и определения типа внешних воздействий, что необходимо для выполнения синусоидальных гармонических составляющих. Целесообразность дальнейшего развития в данном направлении исследований будет достоверной, когда во внешних воздействиях на систему будут проявляться синусоидальные составляющие с периодом, близким к её собственному периоду.

Как показывает практика, увод машины с технологической траектории достаточно эффективно проявляется в момент, когда оператор пытается корректировать движение трактора, подруливая вверх по склону. Вынужденные, резонансные, постоянные колебания машины оказывают сильное разрушительное воздействие на несущие грунты в пятне контакта с движителем, тем самым снижая коэффициент сцепления. При внешнем же воздействии на машину в форме синусоидального изменения траектории её движения, что иногда необходимо для технологической маршрутизации, амплитуда вынужденных колебаний резко достигает отчётливо выраженного максимума. Такое явление относится к резонансному типу и зачастую приводит к выбросу машины за пределы защитной зоны (обычно вниз по склону) и соответственно нарушению агротехнических требований [1].

В соответствии с теорией технологического дуализма любая автономная техническая система может рассматриваться как функциональная составляющая не менее двух технологических процессов. При неизменной системе координат, в случае перекатегорирования взаимосвязей и взаимодействий амплитудные отклонения, задаваемые оператором тягового средства при подруливании к заданной траектории, можно рассматривать как вынужденные колебания. Тогда закономерно и логично ориентировать научный

метод на исследование гипотезы оптимизации соотношений между амплитудно-частотными характеристиками изучаемой системы и её мощностным балансом.

Как известно, затухание нарушает периодичность колебаний, поэтому затухающие колебания не являются периодическими и, строго говоря, к ним неприменимо понятие периода и частоты. Однако при исследовании процесса целевого гашения колебаний вполне допустимо использовать понятие «период» как промежуток времени между двумя последующими максимумами колеблющейся системы. В случае увода МЭС от оптимальной траектории в заданном технологическом коридоре движения оператор, воздействуя на систему рулевого управления, принудительно задаёт период и амплитуду колебаний транспортного средства, пытаясь сократить время релаксации, т.е. время выхода на оптимальную траекторию. Закономерным является тот факт, что при попытке минимизировать технологический декремент затухания и не дать машине уйти из защитной зоны оператор либо провоцирует её опрокидывание вниз по склону, либо уводит машину на траекторию, не адекватную по

своим амплитудно-частотным характеристикам гармоническим колебаниям. Попытки учёных и специалистов разработать и внедрить автоматические системы оптимизации технологической траектории МЭС, используемых в склонном земледелии, привели к необходимости исследовать гипотезу о принципиальной возможности реализации агротехнического режима движения МТА в условиях ландшафтной нестабильности при выполнении технологических операций. Данный этап исследований является наиболее важным, поскольку достоверность выхода на оптимальные технологические режимы лежит в основе формирования перспективы инновационной модернизации и развития мобильной сельскохозяйственной техники.

Литература

1. Аверкиев А.А., Асманкин Е.М., Рахимжанова И.А. и др. Методика определения моментов увода колёсного трактора // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 2.
2. Рославцев А.В. Теория движения тягово-транспортных средств. М.: УМЦ «Триада», 2003. 172 с.
3. Асманкин Е.М., Реймер В.В., Стеновский В.С. и др. Специфика концептуального развития технического обеспечения курсовой устойчивости колёсных машин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 4.