

УДК 631.171

UDC 631.171

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (сельскохозяйственные науки)

4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (agricultural sciences)

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, ПЕРЕВОЗЯЩЕГО ЖИДКИЙ ГРУЗ С ЧАСТИЧНО ЗАПОЛНЕННОЙ ЁМКОСТЬЮ НА ПОПЕРЕЧНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ

IMPACT OF STRUCTURAL AND PROCESS PARAMETERS OF A VEHICLE CARRYING LIQUID CARGO WITH PARTIALLY FILLED CAPACITY ON LATERAL STABILITY

Поликутина Елена Сергеевна
Кандидат технических наук
РИНЦ SPIN-код: 5782 –6936
email: e.polikytina@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Polikutina Elena Sergeevna
Candidate of Technical Sciences
RSCI SPIN-code: 5782–6936
email: e.polikytina@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Щитов Сергей Васильевич
Д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 4944 –6871
email: shitov.sv1955@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Shchitov Sergey Vasilyevich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code: 4944–6871
email: shitov.sv1955@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Кривуца Зоя Фёдоровна
Д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 6124 –5403
email: zfk20091@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Krivutsa Zoya Fedorovna
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code: 6124–5403
email: zfk20091@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Двойнова Наталья Федоровна
Кандидат сельскохозяйственных наук
РИНЦ SPIN-код: 2253 – 5863
email: dnfsach@yandex.ru

Сахалинский государственный университет, Россия, 693000, Сахалинская область, г. Южно-Сахалинск, ул. Ленина 290

Dvoynova Natalia Fedorovna
Candidate of Agricultural Sciences
RSCI SPIN-code: 2253 - 5863

email: dnfsach@yandex.ru
Russia, 693000, Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Lenina 290

Щитова Виктория Андреевна
Студент
РИНЦ SPIN-код: 6973 –8321
email: vikasitova814@gmail.com

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Shchitova Victoria Andreevna
Student
RSCI SPIN-code: 6973 –8321
email: vikasitova814@gmail.com

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

При проведении работ, связанных с возделыванием той или иной сельскохозяйственной культуры, возникает вопрос обеспечения необходимыми материалами для их выполнения. К ним, в частности, относятся: семенной материал, удобрение, собранный урожай, гербициды,

When carrying out work related to the cultivation of a particular crop, the question arises of providing the necessary materials for their implementation. These include, in particular: seed material, fertilizer, harvested crops, herbicides, pesticides, fuels and lubricants, etc. For this purpose, both automobile and

ядохимикаты, горюче–смазочного материала и т.д. Для этой цели задействованы как автомобильные так тракторно–транспортные средства. Особый интерес представляет процесс перевозки жидких грузов. При транспортировке жидких грузов с максимально заполненной емкостью к местам хранения с целью дальнейшего их использования согласно технологии возделывания той или иной культуры не отличается от перевозки других материалов. При работе в поле машинно–тракторных агрегатов возникает необходимость дозаправки энергетических средств. При этом автозаправщикам приходится выполнять эту операцию, перемещаясь по полевым дорогам к местам их работы. В связи с этим транспортным средствам необходимо передвигаться с частично заполненной ёмкостью. В случае движения такого транспортного средства равномерно в прямолинейном направлении на него не действуют дополнительные силы обусловленные силами инерции. В то же время в процессе переездов им приходится двигаться не только прямолинейно, но и по криволинейной траектории при поворотах. В этом случае при не полностью заполненной ёмкости происходит перемещение горюче–смазочного материала (дизельного топлива) в ту или иную сторону в зависимости от направления поворота. В результате этого происходит смещение центра тяжести перевозимого жидкого груза, что в свою очередь оказывает влияние на безопасность движения такого транспортного средства. При этом необходимо отметить, что возникающий момент инерции будет стремиться опрокинуть транспортное средство, иными словами, снизить его поперечную устойчивость. В связи с этим возникает вопрос определения как конструктивно–технологические параметры, заложенные в то или иное транспортное средство, влияют на безопасность движения при криволинейной траектории. Наряду с этим необходимо не забывать, что кроме опрокидывающего момента, возникающего от воздействия сил инерции на повороте, на такое транспортное средство ещё оказывает влияние и возникающий от конструктивно–технологических параметров стабилизирующий момент. На основании проведенных исследований было выявлено, от каких конструктивно–технологических параметров транспортного средства зависит его поперечная устойчивость при перевозке жидкого груза при частично заполненной ёмкости на повороте

Ключевые слова: ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, ЖИДКИЙ ГРУЗ, ПОВОРОТ, ПОПЕРЕЧНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ, КОНСТРУКТИВНО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

tractor vehicles are involved. Of particular interest is the process of transporting liquid cargo. When transporting liquid cargoes with the maximum filled capacity to storage sites for their further use according to the technology of cultivation of a particular crop, it does not differ from the transportation of other materials. When working in the field of machine–tractor units, there is a need to refuel power facilities. At the same time, gas stations have to perform this operation, moving along field roads to their places of work. In this regard, vehicles need to move with a partially filled capacity. When such a vehicle moves uniformly in the straight direction, no additional forces due to inertia forces act on it. At the same time, in the process of moving, they have to move not only rectilinearly, but also along a curvilinear trajectory during turns. In such a situation, when the tank is only partially filled, the fuel and lubricant (diesel) flow in one direction or the other depending on the direction of rotation. Consequently, the center of gravity of the liquid cargo shifts, thereby affecting the vehicle's safety. It should be noted that the resulting moment of inertia will tend to overturn the vehicle, in other words, reduce its transverse stability. In this regard, the question arises of determining how the structural and technological parameters embedded in a particular vehicle affect traffic safety in a curved trajectory. It should also be remembered that, in addition to the overturning moment caused by inertial forces when turning, such a vehicle is also subject to a stabilizing moment arising from its design and technological parameters. Based on the research conducted, it was determined which design and technological parameters of a vehicle influence its lateral stability when transporting liquid cargo with a partially filled container on a turn

Keywords: VEHICLE, LIQUID CARGO, TURN, LATERAL STABILITY, STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-213-015>

<http://ej.kubagro.ru/2025/09/pdf/15.pdf>

Введение. Для бесперебойной работы любой отрасли народного хозяйства требуется транспортно–технологическое обеспечение включающие в себя как подвоз исходного материала (сырья) так и вывоз готовой продукции. В общем случае транспортно–технологическое обеспечение – это не что иное, как транспортировка различных грузов. Перевозимые грузы можно классифицировать по следующим признакам: принадлежности – отрасль хозяйства; назначению – сырьё, готовая продукция, скоропортящиеся продукты, опасные, топливо, химия; виду транспорта – автомобильный, воздушный, железнодорожный, морской; транспортным признакам – объёмный, габаритный, громоздкий.

Для лучшей наглядности классификация грузов представлена на рисунке 1.



Рисунок 1– Классификация грузов

Особый интерес представляет процесс транспортировки жидких грузов, которые для такой отрасли народного хозяйства как АПК можно подразделить по следующим признакам: сжиженные газы (кислород,

пропан, бутан и др.), нефтепродукты (бензин, дизельное топливо, мазут и др.), химические продукты (кислота, щёлочь, ядохимикаты и др.), пищевая продукция (растительное масло, молоко и др.) – рисунок 2.

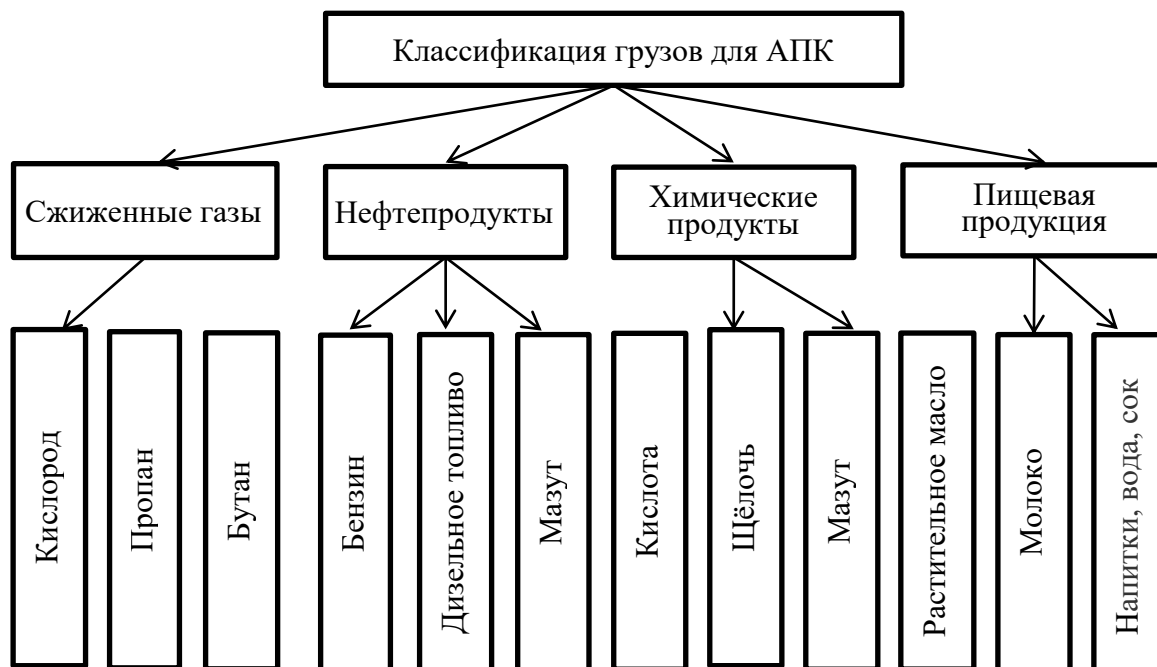


Рисунок 2– Классификация грузов для АПК

Процесс транспортировки жидких грузов может осуществляться двумя возможными способами:

- транспортировка с полностью заполненной ёмкостью (аналогичен перевозке грузов твёрдой фракции) так как центр тяжести его не смещается при движении на повороте;
- транспортировка с частично заполненной ёмкостью (после заправки топливом в поле энергетических средств) с изменяющимся центром тяжести при движении на повороте [1].

В настоящей работе нашли отражения исследования по определению влияния конструктивно–технологических параметров транспортного средства на его поперечную устойчивость

Материалы и методы.

Цель исследований – повысить поперечную устойчивость транспортного средства, перевозящего жидкий груз с частично заполненной ёмкостью на повороте.

Задача исследований – определить влияние конструктивно-технологических параметров транспортного средства на снижение возникающего опрокидывающего момента от сил инерции на повороте при перевозке жидкого груза с частично заполненной ёмкостью.

При движении транспортного средства, перевозящего жидкий груз с частично заполненной ёмкостью на него, действуют следующие силы, представленные на рисунке 3.

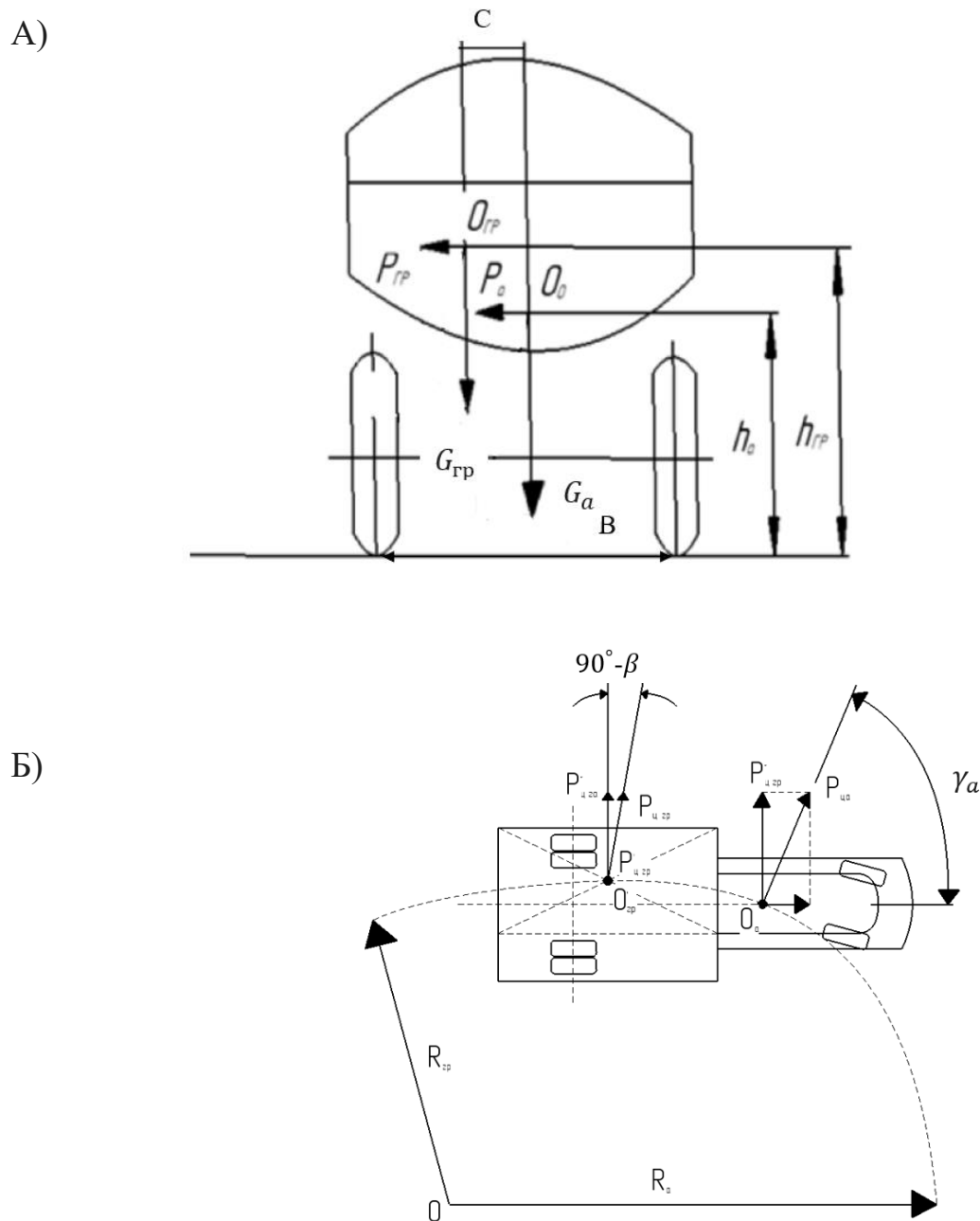


Рисунок 3—

Силы действующие на транспортное средство перевозящее жидкий груз с частично заполненной ёмкостью; А— силы действующие на транспортное средство перевозящего жидкий груз; Б — силы действующие на транспортное средство перевозящего жидкий груз на повороте; h_a — высота расположения центра тяжести транспортного средства; h_a — высота расположения центра тяжести жидкого груза; G_a — нагрузка на опорную поверхность от транспортного средства; G_a — нагрузка на опорную

поверхность от жидкого груза; R_a – радиус поворота центра тяжести транспортного средства; B – ширина колеи транспортного средства; $R_{гр}$ – радиус поворота центра тяжести жидкого груза; O_a – точка приложения центра тяжести транспортного средства; $O_{гр}$ – точка приложения центра тяжести жидкого груза; $P_{ц,гр}$ – вектор результирующей центробежной силы инерции жидкого груза на повороте; $P_{ц,a}$ – вектор результирующей центробежной силы инерции транспортного средства на повороте; γ_a – угол между вектором центробежной силой инерции транспортного средства и его осью симметрии; β – угол между вектором центробежной силой инерции жидкого груза и осью транспортного средства.

Рассмотрим случай движения транспортного средства, перевозящего жидкий груз с частично заполненной ёмкостью при повороте на горизонтальном участке. Для обеспечения необходимой поперечной устойчивости транспортного средства, перевозящего жидкий груз частично заполненной ёмкостью необходимо соблюдение следующего условия [2, 3]

$$M_{ст} > M_{опр}, \quad (1)$$

где $M_{ст}$ – стабилизирующий момент препятствующий опрокидыванию автомобиля на повороте, Нм; $M_{опр}$ – опрокидывающий момент возникающий от сил инерции на повороте, Нм.

Центробежная сила, развиваемая автомобилем при повороте на горизонтальной дороге, без учета в нем жидкого груза определяется

$$P_{ц,a} = \frac{G_a V_a^2}{g R_a}, \quad (1)$$

где V_a – скорость движения центра тяжести автомобиля на повороте, м/с.

Центробежная сила имеет две составляющих:

$$\left. \begin{aligned} P'_{ц,a} &= P_{ц,a} \cos \gamma_a \\ P''_{ц,a} &= P_{ц,a} \sin \gamma_a \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где γ_a – угол между вектором центробежной силы $P_{ц,a}$ и продольной плоскостью симметрии колес автомобиля, град.

Тогда при повороте автомобиля величина центробежной силы жидкого груза имеет вид

$$P_{ц,гр} = \frac{G_{гр} V_{гр}^2}{g R_{гр}}, \quad (3)$$

где $V_{гр}$ – скорость движения центра тяжести жидкого груза при повороте автоцистерны, м/с.

Центробежная сила жидкого груза имеет две составляющие (Рисунок 3)

$$\left. \begin{aligned} P'_{ц,гр} &= P_{ц,гр} \cos \beta \\ P''_{ц,гр} &= P_{ц,гр} \sin \beta \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

Таким образом, силы $P'_{ц,гр}$ и $P''_{ц,гр}$ создадут моменты, стремящиеся повернуть автомобиль, что значительно ухудшает его управляемость. В свою очередь силы $P''_{ц,гр}$ и $P''_{ц,a}$ создают опрокидывающий момент

$$M_{опр} = P''_{ц,a} h_a + P''_{ц,гр} h_{гр}. \quad (5)$$

Возникающему опрокидывающему моменту противодействует стабилизирующий момент

$$M_{ст} = 0,5 G_a B + G_{гр} (0,5 B - C), \quad (5)$$

где C – смещение центра тяжести жидкого груза, м.

Следовательно, поперечная устойчивость при движении автоцистерны на повороте обеспечивается условием

$$0,5 G_a B + G_{гр} (0,5 B - C) > P''_{ц,a} h_a + P''_{ц,гр} h_{гр}. \quad (6)$$

На основании проведенных исследований была получена зависимость, позволяющая определить поперечную устойчивость транспортного средства, перевозящего жидкий груз с частично заполненной ёмкостью на повороте

Заключение.

Проведенные исследования, позволили выявить от каких, конструктивно технологических параметров зависит поперечная устойчивость транспортного средства, перевозящего жидкий груз с частично заполненной ёмкостью:

- от ширины колеи транспортного средства;
- от высоты расположения центра тяжести перевозимого жидкого груза;
- от бокового смещения центра тяжести жидкого перевозимого груза относительно оси симметрии транспортного средства.

Список использованной литературы

1. Особенности движения гусеничного энергетического средства на склоне/ С.В. Щитов [и др.] // Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Благовещенск, 2025. С. 241-246. EDN: RBUGLN
2. Результаты исследований по использованию комбинированного почвообрабатывающего агрегата в зоне «рискованного» земледелия/ С.В. Щитов [и др.] // Пермский аграрный вестник. 2025. № 1 (49). С. 13-22. DOI: 10.47737/2307-2873_2025_49_13, EDN: BDCBUI
3. Регулирование силового воздействия на опорные основания прикатывающего машинно-тракторного агрегата/ Е.С. Поликутина [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2025. № 210. С. 157-166. DOI: 10.21515/1990-4665-210-021. EDN: CNGCER

References

1. Osobennosti dvizhenija gusenichnogo jenergeticheskogo sredstva na sklone/ S.V. Shhitov [i dr.] // Materialy vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii. Blagoveshhensk, 2025. S. 241-246. EDN: RBUGLN
2. Rezul'taty issledovanij po ispol'zovaniju kombinirovannogo pochvoobrabatyvajushhego agregata v zone «riskovannogo» zemledelija/ S.V. Shhitov [i dr.] // Permskij agrarnyj vestnik. 2025. № 1 (49). S. 13-22. DOI: 10.47737/2307-2873_2025_49_13, EDN: BDCBUI
3. Regulirovanie silovogo vozdejstviya na opornye osnovanija prikatyvajushhego mashinno-traktornogo agregata/ E.S. Polikutina [i dr.] // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. № 210. S. 157-166. DOI: 10.21515/1990-4665-210-021. EDN: CNGCER