

eskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki. – 2017. – No. 2 (54). – S. 108-120.

8. Bagaev, A.A. Opredelenie raskhoda sypuchikh selskokhozyaystvennykh materialov putem izmereniya toka statora asinkhronnogo

privoda tsentrobezhnogo raskhodomera / A.A. Bagaev, R.S. Chernus // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – No. 12 (134). – S. 132-138.



УДК 631.372:629.114.2

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-261-7-89-96

Е.С. Поликутина, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца,
В.А. Щитова, М.Д. Корольков
E.S. Polikutina, S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa,
V.A. Shchitova, M.D. Korolkov

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ЖИДКИХ ИЛИ «НАЛИВНЫХ» ГРУЗОВ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПО ПОВЕРХНОСТЯМ, ИМЕЮЩИМ ПОПЕРЕЧНЫЙ УКЛОН

FEATURES OF TRANSPORTATION OF LIQUID OR BULK CARGO BY VEHICLES ON SURFACES WITH A TRANSVERSE SLOPE

Ключевые слова: транспортное средство, угол наклона поверхности, жидкий груз, поперечная устойчивость, опрокидывающий момент

Анализируется проблема улучшения поперечной устойчивости специализированной техники, предназначенной для перевозки жидких сред, особенно при частичном заполнении резервуаров. В отличие от перевозки твёрдых предметов, расположение которых в кузове остаётся статичным (за исключением сыпучих тел), что позволяет достаточно точно рассчитать устойчивость, так как центр масс груза неизменен. Транспортировка жидких грузов сопряжена с уникальными рисками при движении по дорожному полотну, имеющему отклонение от горизонтальной плоскости. Главная причина неустойчивости заключается в отклонении центра масс жидкости внутри емкости, за счет возникновения дополнительного опрокидывающего момента. Условием сохранения поперечной устойчивости является равенство или превосходство восстанавливающего момента над опрокидывающим моментом. В ходе экспериментов выявлена зависимость между уровнем заполнения цистерны и величиной смещения центра масс жидкости при различных критических углах наклона машины. Установлено, что при росте предельного угла наклона до 20° центр масс смещается на 0,1 м, если цистерна заполнена лишь на 40%. При повышении уровня заполнения в рамках изученных параметров смещение центра масс сокращается на четверть (25%), что позитивно сказывается на поперечной устойчивости, улучшает стабильность и маневренность автоцистерны. Также выяснено, что увеличение объема заполнения на 35% снижает смещение

центра масс на 18%, что дает возможность безопасно эксплуатировать транспорт на дорогах с уклоном, превышающим стандартный на 12%. Полученные данные позволяют моделировать устойчивость техники при неполной загрузке во время движения по кривой траектории с учетом допустимых продольных углов наклона.

Keywords: vehicle, surface slope angle, liquid cargo, lateral stability, overturning moment.

The issue of improving the lateral stability of specialized vehicles designed for transporting liquids, especially when the tanks are partially filled, is discussed. Unlike the transportation of solid objects which location within the vehicle body remains static (with the exception of bulk solids) and that allows for a fairly accurate stability calculation since the center of mass of the cargo remains constant, transporting liquid cargo is associated with unique risks when driving on a road surface that deviates from the horizontal plane. The main cause of instability is the deviation of the center of mass of the liquid within the tank due to the occurrence of an additional overturning moment. To maintain lateral stability, the righting moment must be equal to or greater than the overturning moment. Experiments revealed a relationship between the tank fill level and the magnitude of the displacement of the liquid's center of mass at various critical vehicle inclination angles. It was found that with an increase of the critical inclination angle to 20°, the center of mass shifts by 0.1 m if the tank is only 40% full. With an increased fill level within the studied parameters, the center of gravity shift is reduced by a quarter (25%) which positively impacts lateral stability and im-

proves the stability and maneuverability of the tank truck. It is also found that increasing the fill volume by 35% reduces the center of gravity shift by 18% enabling safe operation of the vehicle on roads with a slope by

12% higher than the standard. The obtained data allows simulating the stability of the vehicle under partial load while driving along a curve taking into account permissible longitudinal slope angles.

Поликутина Елена Сергеевна, к.т.н., ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: e.polikytina@mail.ru.

Шитов Сергей Васильевич, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru.

Кривуца Зоя Фёдоровна, д.т.н., профессор, зав. кафедрой физики, математики и информатики, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: zfk20091@mail.ru.

Щитова Виктория Андреевна, студент, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: vikasitova814@gmail.com.

Корольков Михаил Дмитриевич, студент, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: tesimapk@dalgau.ru.

Polikutina Elena Sergeevna, Cand. Tech. Sci., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: e.polikytina@mail.ru.

Shchitov Sergey Vasilevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru.

Krivutsa Zoya Fedorovna, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Physics, Mathematics and IT Dept., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: zfk20091@mail.ru.

Shchitova Viktoriya Andreevna, student, Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: vikasitova814@gmail.com.

Korolkov Mikhail Dmitrievich, student, Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: tesimapk@dalgau.ru.

Введение

Эффективность сельскохозяйственного производства напрямую зависит от качества транспортно-технологического сопровождения, включающего доставку грузов между объектами. Номенклатура перевозимых материалов разнообразна и делится на твердые и жидкие фракции. При перевозке твердых предметов их расположение в кузове остается статичным (за исключением сыпучих тел), что позволяет достаточно точно рассчитать устойчивость, так как центр масс груза неизменен [1-3].

Жидкие грузы классифицируются на несколько групп:

1) химическая продукция: кислоты, щелочи, спирты, агрохимикаты, удобрения в жидком виде;

2) нефтепродукты: различные виды топлива (бензин, дизель), смазочные материалы, мазут;

3) сжиженные газы: кислород, азот, углекислота, пропан, бутан, метан, углекислота;

4) иные жидкости: молоко, промышленные стоки, бетонные растворы и т.д.

Наглядная классификация представлена на схеме (рис. 1). Если емкость заполнена полностью, поведение жидкого груза аналогично твердому – центр масс стабилен. Однако производственные задачи (например, полевая заправка техники) часто требуют перевозки неполного объема. В таких условиях при движении по неровностям или уклонам форма свободного зеркала жидкости меняется, что влечет за собой

смещение центра масс. Это явление существенно влияет на управляемость и устойчивость автомобиля [4-7].

Цель работы – обоснование максимально допустимых углов наклона дорожного полотна для безопасного движения транспорта с частично заполненными емкостями под жидкие грузы.

Задача – моделирование поперечной устойчивости при криволинейном движении в зависимости от предельного угла наклона относительно горизонта.

Объекты и методы исследования

Динамика автомобиля определяется силами, действующими на него: продольными (при движении прямо) и поперечными (на поворотах). Продольные силы включают тягу, инерцию и сопротивление качению [8-10]. Их равнодействующая задает режим прямолинейного движения. На горизонтальном участке при равномерном движении схема сил показана на рисунке 2.

В этом случае уровень перевозимой жидкости будет параллелен поверхности, по которой движется автомобиль. Вместе с тем можно допустить, что центр тяжести автомобиля и перевозимого груза будет находиться в одной вертикальной плоскости. При движении по горизонтальной поверхности уровень жидкости параллелен дороге, а центры тяжести машины и груза лежат в одной вертикали. Однако на участке с уклоном (рис. 3), даже при прямолинейном дви-

жении, уровень жидкости стремится остаться горизонтальным, что меняет положение груза относительно кузова.

Рассмотрим более подробно, как будет изменяться поперечная устойчивость транспорт-

ного средства в случае неполного заполнения ёмкости, перевозящей жидкий груз, при движении по поверхности, имеющей угол наклона по отношению к горизонту [11, 12].

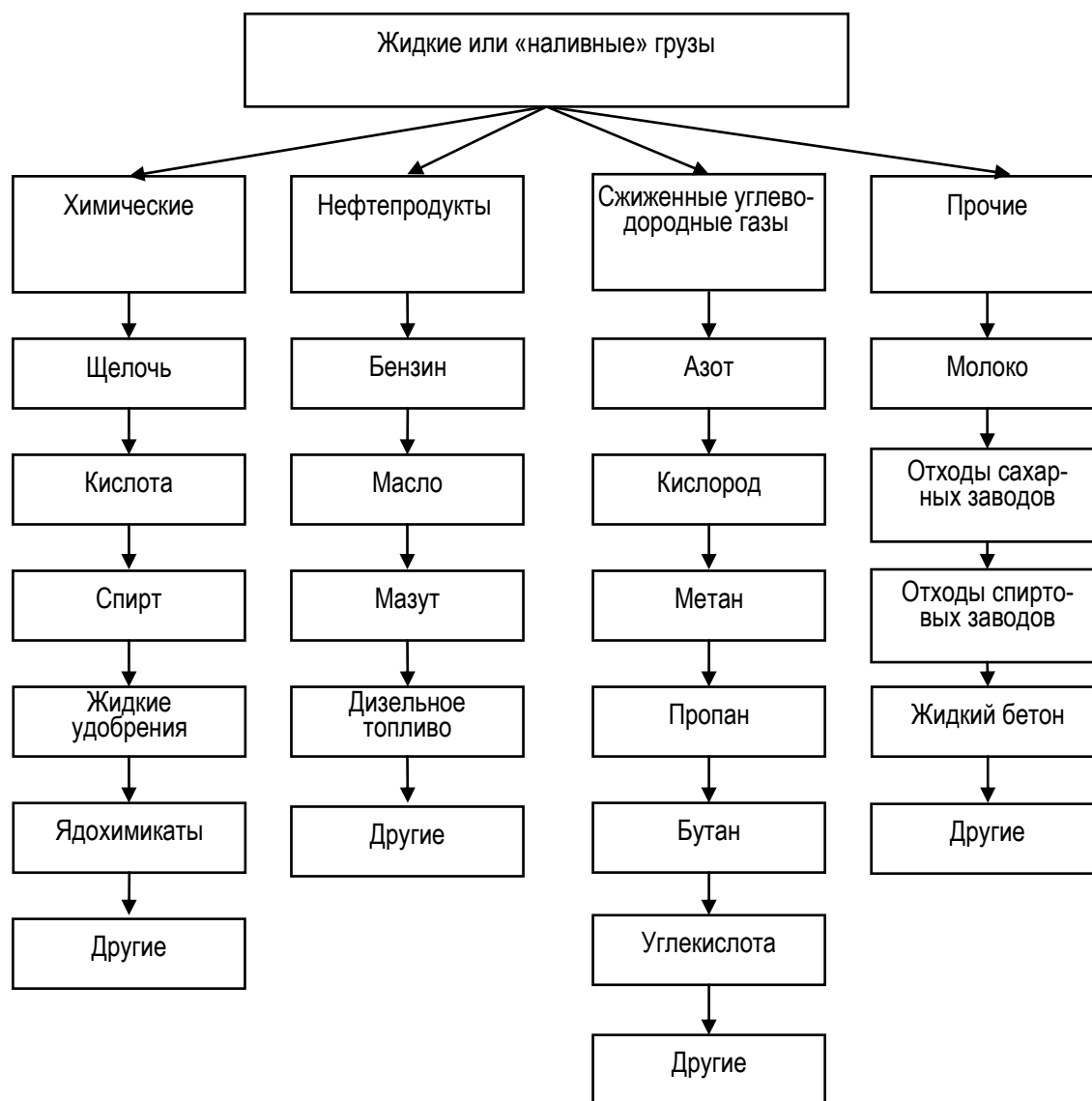


Рис. 1. Категории перевозимых жидких или «наливных» грузов

Общий вес транспортного средства, перевозящего жидкий груз, будет равен

$$G_{\text{гр}} = G_{\text{а}} + G_{\text{гр}}, \quad (1)$$

где $G_{\text{а}}$ – вес автомобиля, Н;

$G_{\text{гр}}$ – вес перевозимого жидкого груза, Н.

При появлении угла наклона векторы сил $G_{\text{а}}$ и $G_{\text{гр}}$ раскладываются на составляющие: перпендикулярные опорной поверхности и параллельные ей. Именно параллельные составляющие формируют опрокидывающий момент:

– перпендикулярные к поверхности движения:

$$P'_{\text{а}} = G_{\text{а}} \cos b; \quad (2)$$

$$P'_{\text{гр}} = G_{\text{гр}} \cos b; \quad (3)$$

– параллельные к поверхности движения

$$P''_{\text{а}} = G_{\text{а}} \sin b; \quad (4)$$

$$P''_{\text{гр}} = G_{\text{гр}} \sin b. \quad (5)$$

Силы, образовавшиеся параллельно поверхностям, будут создавать опрокидывающий момент, который можно определить согласно рисунку 3:

$$M_{\text{опр}} = P''_{\text{а}} h_{\text{а}} + P''_{\text{гр}} h_{\text{гр}}, \quad (6)$$

учитывая формулы (4) и (5), опрокидывающий момент можно выразить

$$M_{\text{опр}} = G_a h_a \sin b + G_{\text{гр}} h_{\text{гр}} \sin b, \quad (7)$$

где h_a – высота расположения центра масс транспортного средства, м;

$h_{\text{гр}}$ – высота расположения центра масс перевозимого груза, м;

b – угол наклона поверхности по отношению к горизонту, град.

$$\text{или} \quad M_{\text{опр}} = \left(\frac{G_a h_a}{h_{\text{гр}}} + G_{\text{гр}} \right) h_{\text{гр}} \sin b. \quad (8)$$

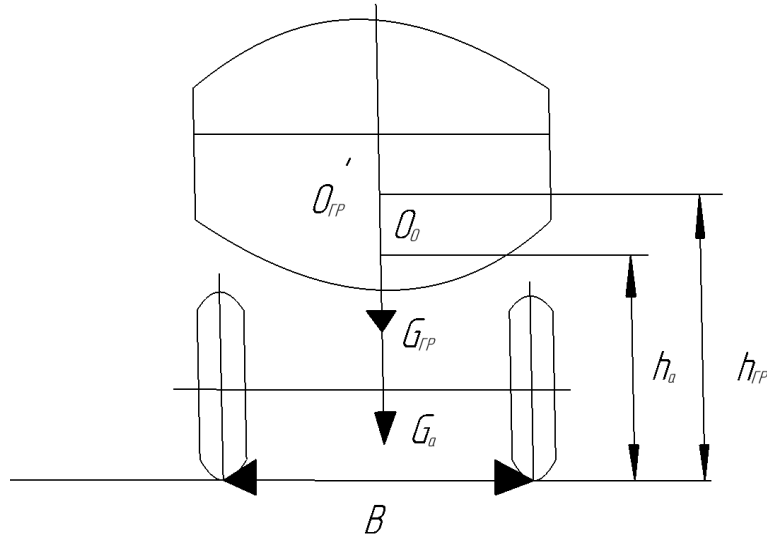


Рис. 2. Схема сил, действующих на транспортное средство при движении по поверхности, не имеющей уклон по отношению к горизонту:

G_a – вес автомобиля; $G_{\text{гр}}$ – вес груза; B – ширина колеи автомобиля;

h_a – высота расположения центра тяжести транспортного средства;

$h_{\text{гр}}$ – высота расположения центра тяжести жидкого перевозимого груза

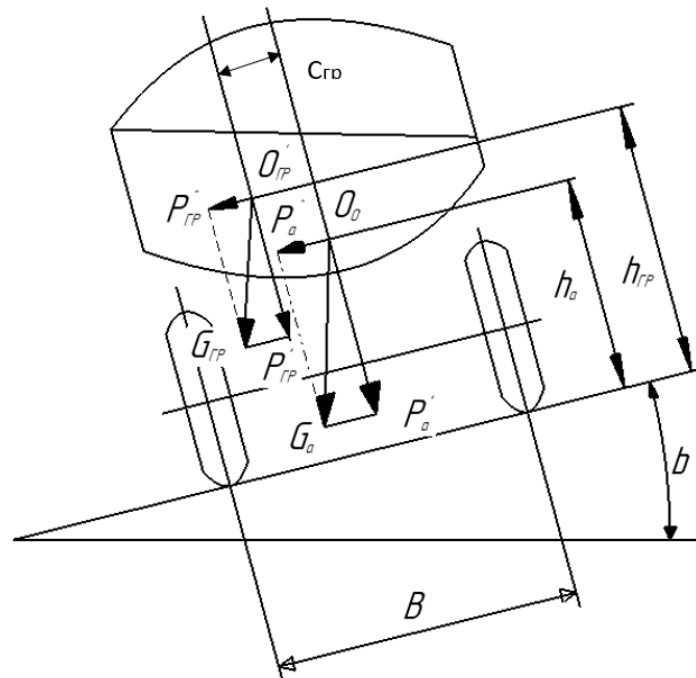


Рис. 3. Схема сил, действующих на транспортное средство при движении по поверхности, имеющей уклон по отношению к горизонту:

G_a – вес автомобиля; $G_{\text{гр}}$ – вес груза; B – ширина колеи транспортного средства;

h_a – высота расположения центра тяжести транспортного средства;

$h_{\text{гр}}$ – высота расположения центра тяжести перевозимого груза;

b – угол наклона поверхности по отношению к горизонту;

$C_{\text{гв}}$ – величина отклонения точки приложения центра тяжести жидкого груза

Параллельно с опрокидывающим воздействием возникает восстанавливающий момент, удерживающий автомобиль от переворота. Условием сохранения поперечной устойчивости является равенство или превосходство восстанавливающего момента над опрокидывающим.

Анализ итоговой формулы показывает, что критический угол наклона зависит от высоты центра масс и величины его смещения

$$M_{\text{вос}} = 0,5BP'_a + P'_{\text{гр}}(0,5B - C_{\text{гр}}), \quad (9)$$

используя формулы (2) и (3)

$$M_{\text{вос}} = 0,5G_a B \cos b + G_{\text{гр}}(0,5B - C_{\text{гр}}) \cos b, \quad (10)$$

где B – ширина колеи транспортного средства, м;

$C_{\text{гр}}$ – величина отклонения точки приложения центра масс жидкого груза, м.

Преобразуем уравнение (10)

$$M_{\text{вос}} = \left((G_a + G_{\text{гр}} \left(1 - \frac{C_{\text{гр}}}{0,5B} \right)) \right) 0,5B \cos b. \quad (11)$$

Для сохранения поперечной устойчивости должно выполняться условие

$$M_{\text{вос}} \geq M_{\text{опр}}, \quad (12)$$

учитывая формулы (8) и (11)

$$\left((G_a + G_{\text{гр}} \left(1 - \frac{C_{\text{гр}}}{0,5B} \right)) \right) 0,5B \cos b \geq \left(\frac{G_a h_a}{h_{\text{гр}}} + G_{\text{гр}} \right) h_{\text{гр}} \sin b; \quad (13)$$

$$\frac{0,5B}{h_{\text{гр}}} \left((G_a + G_{\text{гр}} \left(1 - \frac{C_{\text{гр}}}{0,5B} \right)) \right) \cos b \geq \left(\frac{G_a h_a}{h_{\text{гр}}} + G_{\text{гр}} \right) \sin b. \quad (14)$$

Таким образом,

$$\operatorname{tg} b \leq \frac{\frac{0,5B}{h_{\text{гр}}} \left((G_a + G_{\text{гр}} \left(1 - \frac{C_{\text{гр}}}{0,5B} \right)) \right)}{\frac{G_a h_a}{h_{\text{гр}}} + G_{\text{гр}}}. \quad (15)$$

Анализ полученной формулы (15) показал, что предельно допустимый угол наклона транспортного средства, перевозящего в случае неполного заполнения емкости жидким грузом, зависит от значений $\frac{0,5B}{h_{\text{гр}}}$ и $C_{\text{гр}}$.

Для вычисления перемещения центра тяжести жидкости используется теорема Эйлера [13], учитывающая момент инерции свободной поверхности. Для цилиндрической цистерны момент инерции зависит от её геометрических размеров (длины и ширины):

$$C_{\text{гр}} = O_{\text{гр}} O'_{\text{гр}} = \frac{I}{V_{\text{гр}}} \sin b, \quad (16)$$

где I – момент инерции площади свободной поверхности жидкого груза, м^4 .

Момент инерции площади свободной поверхности жидкого груза относительно центральной оси для частично заполненной цистерны определяется по формуле [14]

$$I = \frac{ld^3}{12}, \quad (17)$$

где l – длина цистерны, м;

d – ширина цистерны, м.

Изменение положения центра масс относительно поперечного сечения цистерны, перевозимого автоцистерной НЕФА3-66065-10 с частичным заполнением питьевой водой, от увеличения предельно допустимого угла наклона транспортного средства и изменения высоты расположения центра масс жидкости представлено на рисунке 4. Расчеты проводились с использованием пакета прикладных программ Matlab.

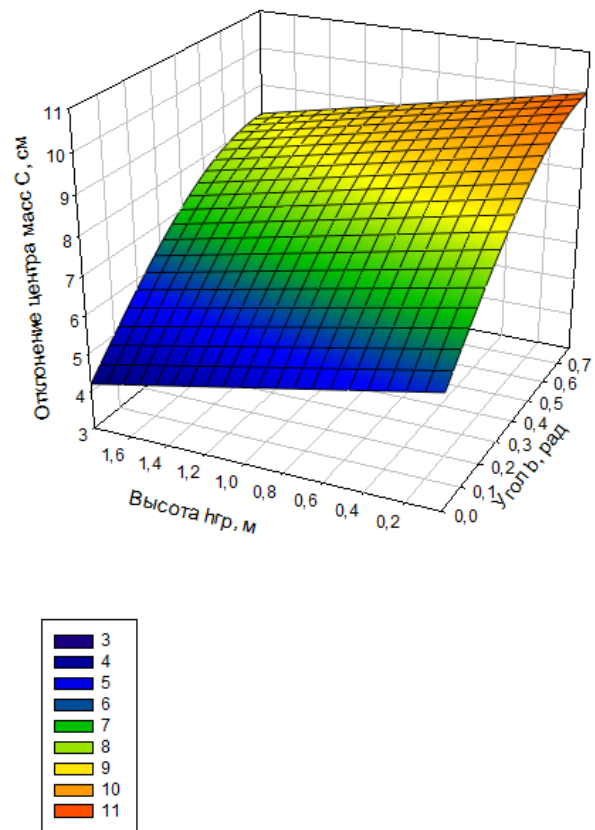


Рис. 4. Зависимость перемещения центра масс жидкого груза от предельно допустимого угла наклона транспортного средства и изменения высоты расположения центра масс перевозимого груза

Результаты исследований

Графическая зависимость показывает, как меняется положение центра масс при росте угла наклона и вариации высоты заполнения цистер-

ны (рис. 4). Анализ графика позволяет сделать прогноз влияния уклона на устойчивость при частичной загрузке.

Ключевые выводы эксперимента:

1. При наклонах до 20° и заполнении цистерны на 40% смещение центра масс становится значительным (свыше 0,1 м).

2. Повышение уровня заполнения ведет к снижению смещения центра тяжести до 25%, что напрямую улучшает стабильность и маневренность автоцистерны.

3. С увеличением предельно допустимого угла наклона на $10\% \approx 5,7^\circ \approx 0,1^\circ$ при заполнении автоцистерны до 25% наблюдается максимальное смещение центра масс на 0,12 см.

Полученные результаты расчетов позволили определить зависимость предельно допустимого угла наклона от заполнения автоцистерны НЕФАЗ-66065-10 водой при движении со скоростью 7 м/с.

Анализ графика, представленного на рисунке 5, позволяет выявить закономерность изменения предельно допустимого угла наклона от степени заполнения емкости автоцистерны при постоянной скорости движения. При заполнении емкости автоцистерны от 10 до 50% происходит уменьшение предельно допустимого угла наклона с 16 до 8° , тогда как с увеличением степени заполнения автоцистерны предельно допустимый угол наклона увеличивается до 23° .

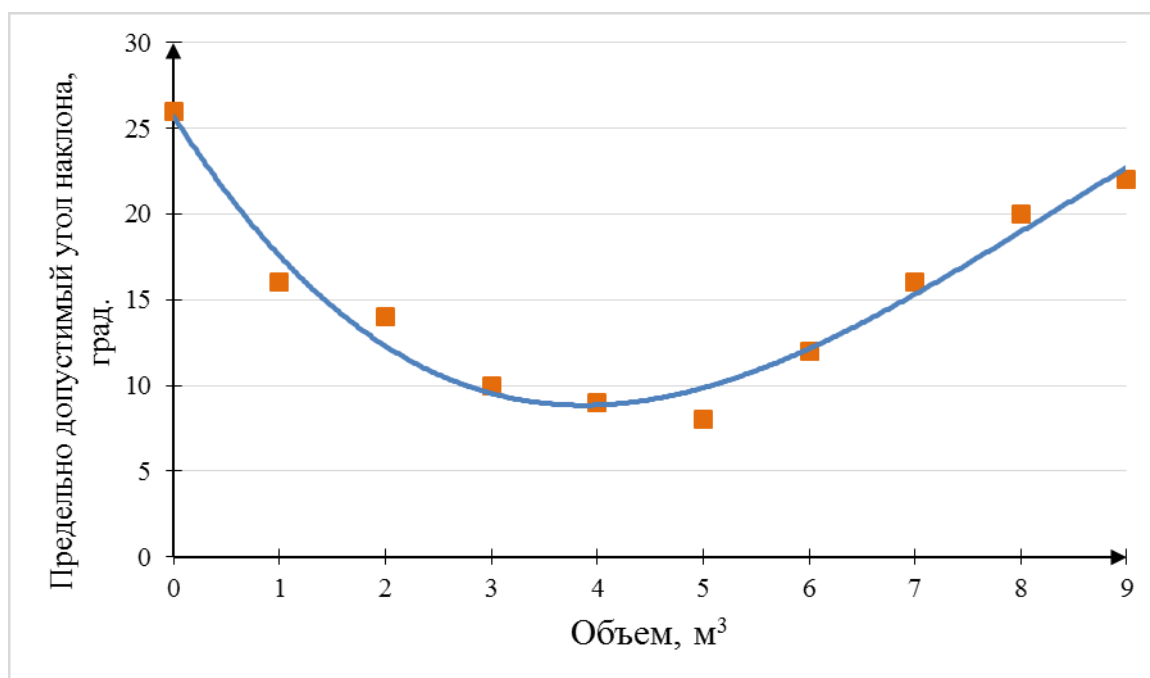


Рис. 5. Зависимость предельно допустимого угла наклона от заполнения емкости под жидкие грузы

Выводы

Проведенное исследование дает возможность:

- прогнозировать параметры поперечной устойчивости для автомобилей с жидкими грузами при неполной загрузке во время прямолинейного движения по наклонным участкам;

- установить, что увеличение объема заполнения на 35% сокращает смещение центра тяжести на 18%. Это позволяет расширить диапазон безопасных углов наклона дороги на 12%, обеспечивая надежную эксплуатацию транспортной техники в сложных условиях рельефа.

Библиографический список

1. Беляев, В. И. Перспективные агротехнологии производства зерна в Алтайском крае / В. И. Беляев, Л. В. Соколова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (162). – С. 5-12.
2. Повышение эффективности использования тракторов класса 5 при подготовке почвы под посев / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, И. В. Бумбар [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Брянской ГСХА. – 2024. – № 6 (106). – С. 60-63.

3. Результаты исследований по регулированию нагрузки на рабочие органы дисковой бороны / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, Е. С. Поликутина, В. В. Леонов. – Текст: непосредственный // Вестник Брянской ГСХА. – 2025. – № 2 (108). – С. 57-61.

4. Повышение эффективности использования грузовых транспортных средств при перевозке наливных грузов / Н. В. Пономарёв, Д. В. Беляков, З. Ф. Кривуца [и др.]. – Текст: непосредственный // Дальневосточный аграрный вестник: научно-практический журнал. – 2022. – № 4 (16). – С. 117-122.

5. Оптимизация процессов предпосевной подготовки почвы в Амурской области / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, Е. С. Поликутина [и др.]. – Текст: непосредственный // Вестник Курганской ГСХА. – 2024. – № 4 (52). – С. 80-89.

6. Повышение эффективности использования энергетических средств при транспортировке грузов полуприцепами / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, Е. С. Поликутина [и др.]. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 4 (114). – С. 106-111.

7. Метод оценки эффективности использования автомобильного транспорта / А. В. Кучер, З. Ф. Кривуца, Е. Е. Кузнецов [и др.]. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2025. – № 3 (113). – С. 119-123.

8. Влияние прицепных сельскохозяйственных агрегатов на продольную устойчивость / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, Е. С. Поликутина [и др.]. – DOI 10.21515/1990-4665-208-009. – Текст: непосредственный / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 208. – С. 79-87.

9. Пути перераспределения силовых нагрузок на опорные поверхности машинно-тракторного агрегата / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, Е. С. Поликутина. – DOI 10.53083/1996-4277-2025-247-5-70-74. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2025. – № 5 (247). – С. 70-74.

10. Повышения тягово-сцепных свойств энергетических средств при работе с прицепными агрегатами / Е. С. Поликутина, С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца [и др.]. – Текст: непосредственный // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграр-

ного университета. – 2025. – № 207. – С. 245-253.

11. Оптимизация процессов предпосевной подготовки почвы в Амурской области / С. В. Щитов, З. Ф. Кривуца, Е. С. Поликутина. – Текст: непосредственный // Вестник Курганской ГСХА. – 2024. – № 4 (52). – С. 80-89.

12. Региональные особенности проведения транспортных работ в аграрном секторе Амурской области / А. В. Кучер, Е. Е. Кузнецов, З. Ф. Кривуца [и др.]. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 4 (108). – С. 99-106.

13. Аксенов, А. П. Математический анализ: в 4 ч. Часть 1: учебник и практикум для вузов / А. П. Аксенов. – Москва: Юрайт, 2024. – 282 с. – Текст: непосредственный.

14. Байков, В. А. Уравнения математической физики: учебник и практикум для вузов / В. А. Байков, А. В. Жибер. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2025. – 254 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Belyaev V.I. Perspektivnye agrotekhnologii proizvodstva zerna v Altayskom krae / V.I. Belyaev, L.V. Sokolova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. No. 4 (162). S. 5–12.

2. Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya traktorov klassa 5 pri podgotovke pochvy pod posev / S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, I.V. Bumbar i dr. // Vestnik Bryanskoy GSKhA. 2024. No. 6 (106). S. 60-63.

3. Rezultaty issledovaniy po regulirovaniyu nagruzki na rabochie organy diskovoy borony / S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, E.S. Polikutina, V.V. Leonov // Vestnik Bryanskoy GSKhA. 2025. No. 2 (108). S. 57-61.

4. Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya gruzovykh transportnykh sredstv pri perevozke naliveykh gruzov / N.V. Ponomarev, D.V. Belyakov, Z.F. Krivutsa, S.V. Shchitov, E.E. Kuznetsov // Dalnevostochnyy agrarnyy vestnik. Nauchno-prakticheskiy zhurnal. 2022. No. 4 (16). S. 117-122.

5. Optimizatsiya protsessov predposevnoy podgotovki pochvy v Amurskoy oblasti / S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, E.S. Polikutina i dr. // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2024. No. 4 (52). S. 80-89.

6. Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya energeticheskikh sredstv pri transportirovke грузов polupritsepami / S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, E.S. Polikutina i dr. // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. No. 4 (114). S. 106-111.

7. Metod otsenki effektivnosti ispolzovaniya avtomobilnogo transporta / A.V. Kucher, Z. F. Krivutsa, E. E. Kuznetsov, A. V. Mikhaylov, A. A. Shuravin // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. No. 3 (113). S. 119-123.

8. Vliyanie pritsepnykh selskokhozyaystvennykh agregatov na prodolnuyu ustoychivost / S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, E.S. Polikutina, A.A. Kovshun, V.A. Shchitova / Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. – No. 208. S. 79-87. DOI: 10.21515/1990-4665-208-009.

9. Puti pereraspredeleniya silovykh nagruzok na opornye poverkhnosti mashinno-traktornogo agregata / S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, E.S. Polikutina, A.A. Kovshun, V.A. Shchitova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. – No. 5 (247). S. 70-74. DOI: 10.53083/1996-4277-2025-247-5-70-74.

10. Povysheniya tyagovo-stsepnykh svoystv energeticheskikh sredstv pri rabote s pritsepnyimi agregatami / E.S. Polikutina, S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, A.A., Kovshun, V.A. Shchitova // Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. No. 207. S. 245-253.

11. Optimizatsiya protsessov predposevnoy podgotovki pochvy v Amurskoy oblasti / S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa, E.S. Polikutina, A.V. Burmaga, R.O. Surin // Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2024. – No. 4 (52). S. 80-89.

12. Regionalnye osobennosti provedeniya transportnykh rabot v agrarnom sektore Amurskoy oblasti / A.V. Kucher, E.E. Kuznetsov, Z.F. Krivutsa, E.V. Panova, A.A. Kislov, V.V. Samuylo // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2024. No. 4 (108). S. 99-106.

13. Matematicheskii analiz v 4 ch. Chast 1: uchebnik i praktikum dlya vuzov / A.P. Aksenov. Moskva: Yurayt, 2024. 282 s.

14. Uravneniya matematicheskoy fiziki: uchebnik i praktikum dlya vuzov / V.A. Baykov, A. V. Zhiber. 2-e izd., ispr. i dop. Moskva: Yurayt. 2025. 254 s.

