

ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КРУПНОГАБАРИТНОЙ ПРОДУКЦИИ

Полянский А.С., д.т.к, проф.,

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Клец Д.М. д.т.н., проф., Дубинин Е.А., к.т.н., доц., В.Н. Плетнев, асп.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Обоснован коэффициент готовности выполнения транспортных операций, который позволяет оценить вероятность выполнения работы в заданное время с учётом технического состояния и интенсивности аварийных ситуаций на дороге, обусловленных устойчивостью движения подвижного состава. Результаты исследований могут быть использованы для разработки рекомендаций по снижению простоев транспортных операций при изготовлении крупногабаритной продукции машиностроительных предприятий.

Ключевые слова: технологический транспорт, техническое состояние, устойчивость, коэффициент готовности, выполнение задания.

Введение. Технологический транспорт, включающий в себя специализированный подвижной состав на базе грузовых автомобилей, является одним из элементов разновидности системы ВАДС, а именно системы "водитель – технологический автомобиль – дорога – производственный процесс машиностроительного предприятия" (ВТАДПП). Надежность указанной системы определяет эффективность и устойчивость работы машиностроительного предприятия.

Понятие надежности – сохранения качества функционирования объекта во времени – может быть применено к каждому из элементов системы ВТАДПП. При этом необходимо учитывать конкретные особенности каждого из элементов этой системы [1–15].

Надежность системы ВТАДПП в целом отличается от совокупности надежности ее элементов влиянием различных связей, которые могут быть не только межэлементными, но и внутриэлементными или межсистемными [1].

Анализ последних достижений и публикаций. Учет воздействия по связям, в частности – по межэлементным, создает дополнительные возможности повышения надежности того или иного элемента или системы в целом [1]. Связи многообразны: одни могут быть оценены количественно, другие учитываются только качественно, существование третьих можно лишь предположить [1]. Отсюда и возникает необходимость исследовать и совершенствовать методы повышения надежности системы ВАДС вообще и системы ВТАДПП в

частности. Актуальной является проблема управления надежностью парка технологических машин купного машиностроительного предприятия в двух аспектах – техническом и экономическом.

Технический аспект управления надежностью парка технологических машин крупного машиностроительного предприятия включает в себя управление собственно надежностью автомобилей (как отдельной системы) и надежность транспортного процесса, в котором дорожно-транспортные происшествия можно считать случайными (внезапными) отказами [1].

Исследования межэлементных связей в подсистеме ”водитель – технологический автомобиль – дорога” (без производственного процесса) создает возможности повышения надежности водителя, как управляющего звена указанной подсистемы [1,8–14].

Улучшение показателей эксплуатационных свойств (тягово-скоростных, маневренности, устойчивости, управляемости, плавности хода) облегчает управление автомобилями, снижая затраты энергии водителя. Это позволит снизить утомляемость водителя и повысить надежность транспортного процесса [1,8–10].

Экономическая составляющая проблемы обеспечения надежности ВТАДПП является одной из наиболее важных при формировании системы управления надежностью производственного процесса крупных машиностроительных предприятий. Решение экономических вопросов управления надежностью системы ВТАДПП включает в себя рациональный выбор подвижного состава (по экономическим критериям), рациональное управление его техническим состоянием [16–19], снижение эксплуатационных затрат, снижение экономических потерь от ДТП.

Цель и постановка задачи. Целью исследования является анализ и обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований, разработка рекомендаций по повышению надёжности и безопасного использования технологического транспорта крупного машиностроительного предприятия при выполнении транспортных работ.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

– оценить весомость и взаимосвязь интенсивности отказов, связанных с техническим состоянием технологического транспорта, и интенсивности отказов, связанных с дорожно-транспортными происшествиями, которые можно считать случайными (внезапными) отказами;

– разработать рекомендации по повышению коэффициента готовности транспортных технологических операций.

Повышение коэффициента готовности выполнения транспортных операций. Обеспечение надёжности выполнения транспортной работы, а именно – своевременной доставки продукции из одного цеха в другой (в соответствии с технологическим процессом изготовления крупногабаритной продукции) является важным условием устойчивой работы крупного машиностроительного предприятия.

Показателем надёжности (безотказности) технологического процесса, в

данном случае, будет являться вероятность доставки из пункта А (цех А) в пункт Б (цех Б) изделия в заданное время T . При этом подразумевается отсутствие неустранимых отказов, а устранимые отказы устраняются за время t . Время t не должно превышать предельно допустимое время $[t]$ по условию нормальной работы предприятия. В работе [20] надёжность протекания подобных процессов оценивается коэффициентом выполнения задания, который представляет собой вероятность успешного решения задания

$$K_{Гр} = \exp(-\lambda T e^{-\mu}), \quad (1)$$

где λ – интенсивность возникновения отказов;
 μ – интенсивность обслуживания.

Рассмотрим надёжность выполнения транспортной работы с учётом соотношения (1).

Предполагается, что за время перевозки T груза из цеха А в цех Б (время выполнения транспортной операции) возникает суммарная интенсивность отказов λ_{Σ} , определяемая как

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_o + \lambda_y, \quad (2)$$

где λ_o – интенсивность отказов, связанных с техническим состоянием подвижного состава;
 λ_y – интенсивность аварийных ситуаций на дороге, связанных с потерей устойчивости подвижного состава.

Различие в вероятности возникновения отказов при выполнении груженой и порожней езды можно учесть введением коэффициента учета загрузки машины k_3 , полученного на основании обработки статистических данных, предоставленных предприятием.

С учётом коэффициента загрузки k_3 уравнение (1) можно преобразовать к виду

$$K_{Гр} = \exp\left[-(\lambda_o + \lambda_y) \cdot T \cdot k_3 \cdot e^{-\mu_1 t_1 - \mu_2 t_2 - \mu_3 t_3}\right], \quad (3)$$

где μ_1 – интенсивность обслуживания при отказах автопоезда;
 μ_2 – интенсивность обслуживания при аварийных ситуациях, связанных с потерей устойчивости в плоскости дороги;
 μ_3 – интенсивность обслуживания при аварийных ситуациях, связанных с потерей устойчивости положения;
 t_1 – предельное время обслуживания при отказах автопоезда;
 t_2 – предельное время обслуживания при аварийных ситуациях, связанных с потерей устойчивости в плоскости дороги;
 t_3 – предельное время обслуживания при аварийных ситуациях, связанных с потерей устойчивости положения.

Наиболее весомыми являются аварийные ситуации, связанные с потерей устойчивости положения. При этом на устранение их последствий затрачиваются наибольшие временные и материальные ресурсы. Более простыми для устранения являются аварийные ситуации, связанные с потерей устойчивости в плоскости дороги. При этом возможны смещения крупногабаритных грузов, установленных на автопоезде, которые могут в дальнейшем привести к потере устойчивости.

Поперечную устойчивость груженого автомобиля возможно оценить известным соотношением для определения угла статической устойчивости α [21, 22].

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{B}{2 \cdot h_c}, \quad (4)$$

где h_c – высота центра масс системы ”автомобиль-груз”;
 B – колея автомобиля.

Высота центра масс системы ”автомобиль-груз” (рис.1) h_c определяется из следующего выражения

$$h_c = \frac{h_a \cdot m_a + h_{gp} \cdot m_{gp}}{m_a + m_{gp}}, \quad (5)$$

где h_a – высота центра масс автомобиля;
 h_{gp} – высота центра масс груза;
 m_a – масса автомобиля;
 m_{gp} – масса груза.

Подставляя (5) в (4), получим

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{B}{2 \cdot \frac{h_a \cdot m_a + h_{gp} \cdot m_{gp}}{m_a + m_{gp}}}. \quad (6)$$

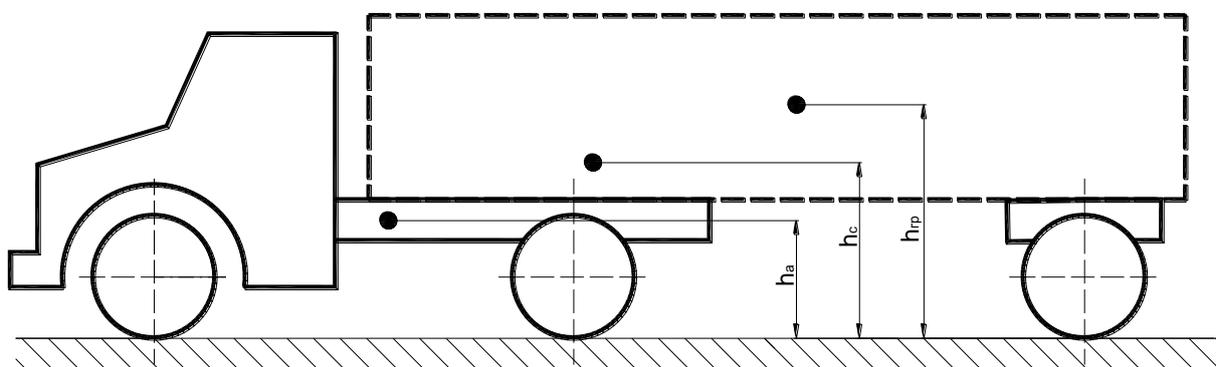


Рис.1. – Изменение высоты центра масс системы ”автомобиль-груз” при загрузке крупногабаритной продукцией

Высота центра масс h_c изменяется в зависимости от коэффициента загрузки k_3 . Коэффициент загрузки определяется из следующего соотношения

$$k_3 = \frac{m_{zp}}{m_{zp\max}}. \quad (7)$$

Подставляя в выражение (6) зависимость (7), получим

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{B}{2 \cdot \frac{h_a \cdot m_a + h_{zp} \cdot k_3 \cdot m_{zp\max}}{m_a + k_3 \cdot m_{zp\max}}},$$

откуда

$$k_3 = \frac{(-2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot h_a + B) \cdot m_a}{(2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot h_{zp} - B) \cdot m_{zp\max}}. \quad (8)$$

В таком случае, выражение (3) примет следующий вид

$$K_{ГТр} = \exp \left[-(\lambda_o + \lambda_y) \cdot T \cdot \frac{(-2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot h_a + B) \cdot m_a}{(2 \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot h_{zp} - B) \cdot m_{zp\max}} \cdot e^{-\mu_1 t_1 - \mu_2 t_2 - \mu_3 t_3} \right]. \quad (9)$$

Для параметров, полученных в условиях реальной эксплуатации ($\lambda_o = 0,1$ 1/ч, $\lambda_y = 0,01$ 1/ч, $\mu_1 = 3,3$ 1/ч, $\mu_2 = 1,5$ 1/ч, $\mu_3 = 0,6$ 1/ч, $t_1 = 0,5$ ч, $t_2 = 1$ ч, $t_3 = 2$ ч), были построены графики (рис. 2) изменения вероятности успешного выполнения задания $K_{ГТр}$ в зависимости от факторов надёжности и безопасного использования технологического транспорта при выполнении внутривозовских транспортных операций крупного машиностроительного предприятия.

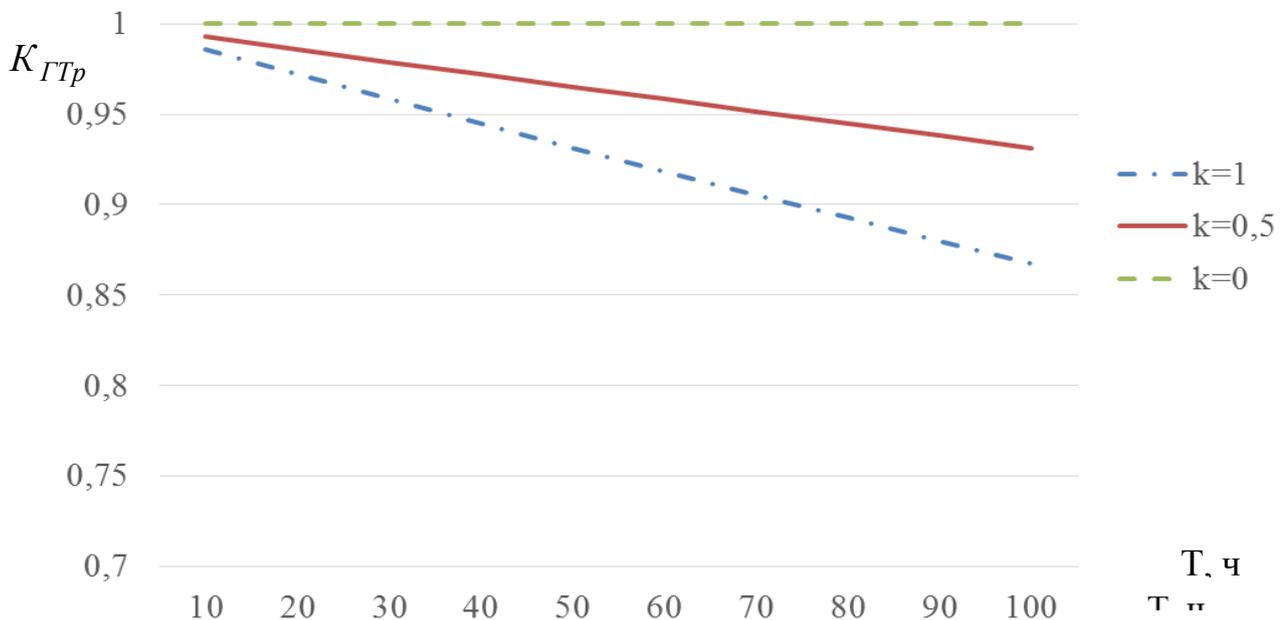


Рис. 2 – Изменение вероятности успешного выполнения транспортной операции в зависимости от различных факторов

При применении в работе предприятия разработанных ранее подходов по повышению устойчивости автомобилей в процессе перевозки крупногабаритной продукции [23, 24], интенсивность аварийных ситуаций на дороге, связанных с потерей их устойчивости снизилась с $\lambda_y = 0,01$ 1/ч до $\lambda_y = 0,001$ 1/ч. Это

позволило повысить вероятность успешного выполнения задания $K_{ГТр}$ до 5–7%, тем самым значительно снизив затраты на устранение последствий таких аварийных ситуаций (рис. 3).

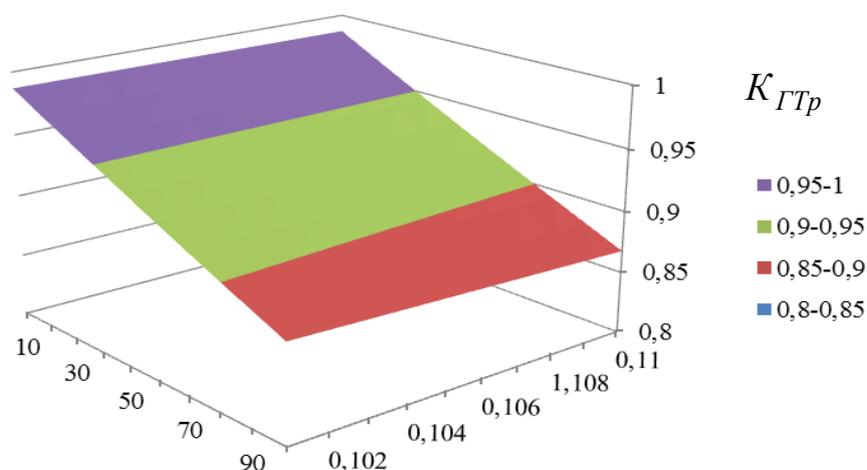


Рис. 3 – Изменение вероятности успешного выполнения транспортной операции при T , ч знии подходов по повышению уст $\lambda_o + \lambda_y$, 1/ч обилей

Выводы. 1. Исследованиями установлено, что межэлементные связи в подсистеме ”водитель – технологический автомобиль – дорога” создают условия для повышения коэффициента готовности выполнения транспортных операций за счёт управления собственно надёжностью автомобилей (как отдельной системы) и надёжностью транспортного процесса, в котором дорожно-транспортные происшествия можно считать случайными (внезапными) отказами.

2. Наиболее весомыми являются аварийные ситуации, связанные с потерей устойчивости положения. На устранение их последствий затрачиваются значительные временные и материальные ресурсы. Менее значимы аварийные ситуации, связанные с потерей устойчивости в плоскости дороги. Смещение крупногабаритных грузов, установленных на автопоезде, могут привести к потере устойчивости.

Список используемых источников

1. Ротенберг Р.В. Основы надёжности системы водитель – автомобиль – дорожная среда / Р.В. Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
2. Беккер М.Г. Введение в теорию систем местность – машина / М.Г. Беккер; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1973. – 530 с.
3. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель / А.А. Хачатуров, В.Л. Афанасьев, В.С. Васильев, Г.В. Гольдин, Б.М. Додонов, В.П. Жигарев, В.И. Кольцов, В.С. Юрик, Е.И. Яковлев; под ред. А.А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
4. Вонг Д. Теория наземных транспортных средств / Д. Вонг.; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1982. – 284 с.

5. Автомобильные транспортные средства / Д.П. Великанов, В.И. Бернацкий, Б.Н. Нифонов, И.П. Плеханов; под. Ред. Д.П. Великанова. – М.: Транспорт, 1977. – 326 с.
6. Говорущенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей/ Н.Я. Говорущенко.- К.: Вища школа, 1971. – 232 с.
7. Автомобильные дороги (совершенствование методов проектирования и строительства) / В.М. Сиденко, О.Т. Батраков, М.И. Волков, Я.А. Калужский, Н.М. Кудрявцев, Э.В. Гаврилов; под ред. В.М. Сиденко. – К.: Будівельник, 1973. – 278 с.
8. Элементы безопасности в связях системы В-А-Д (водитель – автомобиль – дорога) Purga P, Fidlewski M. Elementy bezpieczenstwa czynnego Werelacjach systemu K-P-D / Motoryzacja. – 1988. – №2. – С. 25-28.
9. Мишурич В.М. Надежность водителя и безопасность движения / В.М. Мишурич, А.Н. Романов. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.
10. Безопасность движения автомобильного транспорта / Б.А. Алексеев, М.И. Копаков, А.С. Паршев, В.М. Романов. – М.: Изд-во ДОСААФ, 1972. – 142 с.
11. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Харьков: ХГАДТУ, 1998. – 468 с.
12. Бегма И.В. Учет психофизиологии водителей при проектировании автомобильных дорог / И.В. Бегма, Э.В. Гаврилов, Я.А. Калужский. – М.: Транспорт, 1976. – 88 с.
13. Гаврилов Э.В. Эргономика на автомобильном транспорте / Э.В. Гаврилов. – Л.: Техніка, 1976. – 152 с.
14. Безопасность конструкции автомобиля / М.А. Андронов, Ф.Е. Межевия, Ю.М. Немцов, Е.С. Саввушкин. – М.: Машиностроение, 1985. – 160 с.
15. Джонс И.С. Влияние параметров автомобиля на дорожно-транспортные происшествия / И.С. Джонс. – М.: Машиностроение, 1979. – 207 с.
16. Колегаев Р.Н. Определение оптимальной долговечности технических систем / Р.Н. Колегаев. – М.: Советское радио, 1967. – 112 с.
17. Бажинов О.В. Наукові основи оцінки ресурсу силових агрегатів транспортних машин з урахуванням умов експлуатації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / О.В. Бажинов. – Харків, 2001. – 32с.
18. Панкратов Н. Управление использованием ресурса автомобилей в рядовых условиях эксплуатации / Н. Панкратов, А. Шейнин // Автомобильный транспорт. – 1969. – №10. – С. 18.
19. Шейнин А.М. Методы определения и поддержания надежности автомобиля в эксплуатации / А.М. Шейнин. – М.: Транспорт, 1969. – 88 с.
20. Калабро С.Р. Принципы и практические вопросы надежности: Пер. с англ. Д.Ю. Панова. – М.: Машиностроение, 1966. – 376 с.
21. Засоби транспортні дорожні. Стійкість. Методи визначення основних параметрів випробуваннями: ДСТУ 3310-96. – [Чинний від 1996-02-27]. – К.: Держстандарт України 1996. – 10 с. – (Державний стандарт України).
21. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические

требования. Методы испытаний: ГОСТ 31507-2012. – [Введен в действие 2013-09-01]. – М.: Стандартиформ 2013. – 51 с. – (Межгосударственный стандарт).

22. Плетнёв В.Н. Применение метода парциальных ускорений для оценки надёжности тормозного управления автомобилей / В.Н. Плетнёв // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – 2012. – №2 – С. 121–126.
23. Полянский А.С. Оценка эксплуатационных свойств автомобильных поездов большой грузоподъемности при перевозке негабаритных грузов / А.С. Полянский, Д.М. Клец, Е.А. Дубинин, В.Н. Плетнев // Вестник ХНАДУ: сб. науч. трудов. – 2013. – Вып. 60. – С. 38–41.

Аннотация

ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГОТОВНОСТІ ВИКОНАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВЕЛИКОГАБАРИТНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Полянський О.С., Дубінін Є.О., Клец Д.М, Плетньов В.М.

Обґрунтований коефіцієнт готовності виконання транспортних операцій, який дозволяє оцінити ймовірність виконання роботи в заданий час з урахуванням технічного стану та інтенсивності аварійних ситуацій на дорозі, обумовлених стійкістю руху рухомого складу. Результати досліджень можуть бути використані для розробки рекомендацій зі зниження простоїв транспортних операцій при виготовленні великогабаритної продукції машинобудівних підприємств.

Ключові слова: технологічний транспорт, технічний стан, стійкість, коефіцієнт готовності, виконання завдання.

Abstract

INCREASING THE AVAILABILITY OF TRANSPORT OPERATIONS IN THE MANUFACTURE OF LARGE-SIZED PRODUCTS

O. Polyanskyi, Ye. Dubinin, D. Klets, V. Pletnev

The availability of transport operations, which allows to estimate the probability of completing work in given time taking into account the technical condition and the intensity of accidents on the road caused by stability of motion of rolling stock was substantiated. The research results can be used to develop recommendations to reduce downtime of transport operations in the manufacture of large machine-building companies products.

Key words: technological transport, maintenance, stability, availability, task execution.