

Д. Н. Самисько, канд. техн. наук

Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
в г. Горловка

МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Приведена методика повышения производительности грузовых автомобильных перевозок, основанная на результатах имитационного моделирования движения грузового автомобиля, а также результаты ее практического применения.

Ключевые слова: автомобиль, имитационное моделирование движения автомобиля, производительность грузовых автомобильных перевозок, скорость движения автомобиля

Введение

Производительность грузовых автомобильных перевозок имеет резерв ее улучшения. Такое положение обуславливается в первую очередь тем, что организация этих перевозок основывается на результатах их теоретического однофакторного исследования. В действительности же, если во время процесса перевозки изменяется хотя бы один из параметров, например, фактическое количество перевозимого груза, то это, безусловно, приведет к тому, что переменными становятся и время погрузки, и время разгрузки, и скорость движения. Следовательно, если один из параметров процесса перевозки является переменным, то он влечет системное изменение других параметров, вследствие чего изменяется и организация перевозок. Таким образом, анализ взаимосвязей между параметрами транспортной системы с привлечением однофакторного исследования не полностью раскрывает ее свойства, и применение его результатов объективно приведет к снижению производительности и качества организации перевозок. Сказанное выше свидетельствует о том, что организацию перевозок можно существенно улучшить, как качественно, так и количественно, только на основании результатов системного факторного теоретического исследования.

Анализ публикаций

Анализ исследований, посвященных эффективности организации процесса перевозки грузов автомобильным транспортом, показал, что все они делятся на две группы.

Первая группа исследований – анализ эффективности организации процесса перевозок с помощью усовершенствования показателей работы автомобиля, которые однозначно определяются особенностями его конструкции. Целью этих исследований является наиболее рациональное усовершенствование конструкции автомобилей в направлении специализации и общего повышения их эффективности (Д. П. Великанов, Н. Я. Говоруценко, В. А. Илларионов, Е. А. Чудаков и другие) [1–3].

Вторая группа исследований – анализ эффективности организации процесса перевозок путем улучшения работы подвижного состава, которая зависит от организации технической эксплуатации парка (рациональной организации технического обслуживания и ремонта подвижного состава, сооружений и оборудования) и организации его работы во времени (количества рабочих дней в неделю, простоя автомобилей по вине службы организации перевозок, длительности работы подвижного состава на линии в течение суток, технической скорости движения, расстояния перевозки, оптимизации выбранных маршрутов движения, уровня механизации погрузочно-разгрузочных работ и т. д.) [4].

В качестве итоговых показателей оценивания эффективности использования подвижного состава авторы работ этого направления (Л. Л. Афанасьев, Л. А. Бронштейн, Г. В. Крамаренко, С. Г. Лейдерман, А. И. Воркут, Н. Б. Островский и другие [5–7]) принимают производительность и себестоимость, которые являются качественными и количественными итоговыми показателями работы подвижного состава и зависят от таких количественных параметров процесса перевозок, как грузоподъемность, время простоя под погрузкой, разгрузкой, техническая скорость, коэффициент использования пробега, расстояние перевозки груза и т. д.

Невзирая на отличия в факторах, которые разные группы исследователей считают определяющими во время анализа эффективности организации процесса грузовых перевозок автотранспортными средствами, все ученые ставят перед собой цель улучшить процесс перевозки, что может быть оценено повышением его эффективности, то есть повышением производительности и улучшением качества.

Учет одних и игнорирование других факторов приводит к ошибкам в организации процесса перевозок и к снижению эффективности использования подвижного состава.

Предлагаемая автором методика повышения производительности грузовых автомобильных перевозок учитывает особенности конструкции автомобиля и изменения параметров перевозочного процесса на системном уровне и во времени.

Цель работы

Апробировать методику повышения производительности грузовых автомобильных перевозок, учитывающую особенности конструкции грузового автомобиля и изменения параметров перевозочного процесса на системном уровне.

Основная часть

Автором была создана методика повышения производительности карьерных грузовых автомобильных перевозок [8], которая основана на результатах имитационного моделирования движения карьерного автомобиля-самосвала [9–11] при помощи разработанной автором компьютерной программы Productivity and fuel consumption [8].

Методика включает следующую последовательность действий:

1) сбор исходных данных об автомобиле-самосвале, экскаваторе, грузе и маршруте движения;

2) моделирование движения карьерного автомобиля-самосвала по отдельным однородным участкам маршрута с учетом его технических характеристик, условий дорожного движения, длины отдельных однородных участков, максимально возможных ускорений и замедлений автомобиля и значений его скоростей на предыдущем и следующем однородных участках.

В результате выполнения этого этапа для каждого однородного участка становятся известны такие характеристики, как скорость движения в начале участка, скорость движения на участке, скорость движения в конце участка, время и путь ускоренного движения, время и путь равномерного движения, время и путь замедленного движения. Эти данные являются необходимыми и достаточными для построения графиков зависимостей времени движения по маршруту от пройденной части его длины и скорости движения по маршруту от его длины;

3) определение производительностей автомобиля-самосвала в тоннах в час и тонно-километрах в час на каждом характерном участке маршрута и маршруте в целом за езду;

4) выявление путей повышения производительностей автомобиля-самосвала в тоннах в час и тонно-километрах в час на отдельных однородных участках маршрута и маршруте в целом путем изменения отдельных исходных данных (получаются на основании дополнительно разрабатываемых мероприятий) и сравнения результатов моделирования с теми, которые получены до изменения исходных данных.

Данная методика была применена к процессу перевозки известняка на одном из маршрутов ОАО «Комсомольское рудоуправление» (карьер «Северный»: от экскаватора № 1, расположенного на горизонте +12 до измельчительно-обогащительной фабрики). На данном маршруте работают автомобили-самосвалы БелАЗ-7548 грузоподъемностью 42 тонны. Схема маршрута представлена на рисунке 1. Параметры однородных по условиям движения участков маршрута приведены в таблице 1.

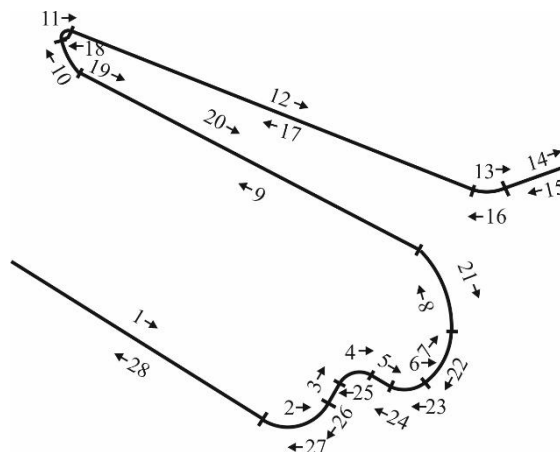


Рисунок 1 – Схема маршрута перевозки известняка (цифрами обозначены номера однородных по условиям движения участков)

Таблица 1 – Параметры маршрута перевозки известняка

№ участка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Длина участка l_i , км	0,492	0,113	0,038	0,053	0,038	0,057	0,095	0,143	0,625	0,061	0,021	0,717	0,053	0,1	0,1	0,053	0,717	0,021	0,061	0,625	0,143	0,095	0,057	0,038	0,053	0,038	0,113	0,492	
Продольный уклон α_i , град	-1,05	-1,52	0	1,08	0	4,02	5,41	9,53	0,37	7,48	15,95	1,28	6,46	1,15	-1,15	-6,46	-1,28	-15,95	-7,48	-0,37	-9,53	-5,41	-4,02	0	-1,08	0	1,52	1,05	
Радиус закругления в плане R_i , км	10	0,077	10	0,038	10	0,056	0,113	0,183	10	0,125	0,011	10	0,077	10	10	0,077	10	0,011	0,125	10	0,183	0,113	0,056	10	0,038	0,113	10	10	
Коэффициент поперечного сцепления φ_v	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
Поперечный уклон β_i , град	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Коэффициент сопротивления качению f_i	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	0,1	0,03	0,08	0,16	0,03	0,08	0,03	0,03	0,08	0,03	0,16	0,08	0,03	0,1	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

В результате моделирования при помощи компьютерной программы Productivity and fuel consumption было установлено, что производительность на данном маршруте составила 85,8 т/ч и 223 т·км/ч, а расход топлива за оборот – 10,3 литра.

Одним из наиболее часто применяемых в настоящее время мероприятий по повышению производительности грузовых автомобильных перевозок является замена подвижного состава на тот, который имеет большую грузоподъемность.

Проанализируем возможность замены автомобиля-самосвала БелАЗ-7548 на более современный и имеющий большую грузоподъемность (например, БелАЗ-75450). Данное мероприятие позволяет увеличить производительность до 86,5 т/ч (+0,82 %) и 225 т·км/ч (+0,9 %). Кроме того, расход топлива за оборот увеличится до 10,7 литра (+3,88 %). Целесо-

образность реализации данного мероприятия можно оценить в случае введения показателя удельной производительности на литр потребляемого топлива. Так, для автомобиля-самосвала БелАЗ-7548 удельная производительность в тоннах в час на литр потребляемого топлива составит 8,33 т/(ч·л), а удельная производительность в тонно-километрах в час на литр израсходованного топлива – 21,65 т·км/(ч·л). Для автомобиля-самосвала БелАЗ-75450 удельная производительность в тоннах в час на литр израсходованного топлива составит 8,08 т/(ч·л), а удельная производительность в тонно-километрах в час на литр израсходованного топлива составляет 21,03 т·км/(ч·л). Как видно, удельная производительность в тоннах в час на литр израсходованного топлива, и в тонно-километрах в час на литр израсходованного топлива у самосвала БелАЗ-75450 меньше, чем у самосвала БелАЗ-7548, что свидетельствует о меньшей эффективности расхода топлива в процессе перевозки груза автомобилем-самосвалом БелАЗ-75450 по сравнению с БелАЗ-7548. Все вышесказанное свидетельствует о неэффективности замены самосвала БелАЗ-7548 на БелАЗ-75450 на данном маршруте, так как незначительное увеличение производительности в тоннах в час и тонно-километрах в час обеспечивается увеличением расхода топлива.

Также популярным мероприятием по повышению производительности является замена погрузочно-разгрузочных механизмов на более производительные. Для карьерных перевозок чаще всего погрузочными устройствами выступают экскаваторы. Подбор экскаватора с вместимостью ковша, обеспечивающей наилучшую загрузку кузова автомобиля-самосвала ($\gamma_c = 1$) при том же количестве рабочих циклов (например, для самосвала БелАЗ-75450 – экскаватора ЭКГ-5 с объемом ковша 6 м³), позволяет увеличить производительность до 104 т/ч (+21,21 %) и 271 т·км/ч (+21,52 %). При этом расход топлива за оборот составит 10,7 литра (+3,88 %). Кроме того, удельная производительность в тоннах в час на литр потребляемого топлива составит 9,72 т/(ч·л), а удельная производительность в тонно-километрах в час на литр израсходованного топлива составит 25,33 т·км/(ч·л). Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности замены на данном маршруте автомобиля-самосвала БелАЗ-7548 на БелАЗ-75450 с одновременной заменой экскаватора, так как значительный прирост производительности в тоннах в час и тонно-километрах в час обеспечивается незначительным увеличением расхода топлива.

При моделировании движения и определении производительности в программе Productivity and fuel consumption строятся графики изменения производительности по длине маршрута, которые позволяют выявить те однородные участки на маршруте перевозки, где наблюдается значительное снижение производительности. Графики изменения производительности по длине маршрута, рассматриваемого в данной статье, при движении самосвала БелАЗ-75450, приведены на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что максимальные значения производительности в тоннах в час и тонно-километрах в час наблюдаются в конце второго однородного участка – в конце погрузки и начале движения автомобиля-самосвала по маршруту. Объясняется это тем, что максимально возможную производительность можно получить, если груз доставляется от точки погрузки до точки выгрузки за минимальный промежуток времени. По сути, для движения по маршруту требуется определенное количество времени, которое складывается из суммы времени движения по отдельным однородным по условиям движения участкам. В связи с этим (рисунок 2) наблюдается постепенное снижение производительности в тоннах в час и тонно-километрах в час, начиная с третьего и заканчивая последним (87-м) однородным по условиям движения участком. Кроме того, в конце маршрута (87-й однородный по условиям движения участок) значения производительности в тоннах в час и тонно-километрах в час становятся аналогичными смоделированным для этого маршрута с помощью компьютерной программы Productivity and fuel consumption.



Рисунок 2 – Графики изменения производительности в тоннах в час и тонно-километрах в час на однородных по условиям движения участках маршрута

Анализ рисунка 2 показывает, что на исследуемом маршруте участками с наибольшим снижением производительности являются: 4, 28, 3, 37, 45, 53, 7, 25, 62 и 22. На участках с номерами 4, 28, 3, 37, 53, 62 причинами снижения производительности являются их значительная протяженность (0,423 км, 0,625 км, 0,173 км, 0,692 км, 0,714 км и 0,625 км, соответственно), и, следовательно, время, затраченное на движение по ним. На участке с номером 45 происходит процесс разгрузки. Этот процесс является неотъемлемой частью процесса транспортировки груза, и в то же время снижает конечную производительность процесса перевозки. На участках с номерами 25 и 22 причинами снижения производительности являются значительные продольные уклоны ($\alpha_{25} = 9,53^\circ$, $\alpha_{22} = 5,41^\circ$) и наличие радиусов малой величины ($R_{25} = 183$ м, $R_{22} = 113$ м), а на участке с номером 7 – наличие радиуса малой величины ($R_7 = 77$ м). Наличие значительных продольных уклонов и радиусов малой величины приводит к уменьшению скорости движения по отдельным однородным участкам, а следовательно, и к увеличению времени движения по ним.

Повышение конечной производительности возможно за счет снижения производительности в тоннах в час и тонно-километрах в час на перечисленных выше участках. Кроме того, снижение производительности на участках с номерами 4, 28, 3, 37, 53, 7, 25, 62 и 22 возможно из-за уменьшения времени движения по ним, что может быть достигнуто за счет увеличения максимальных безопасных скоростей движения по этим участкам. Данное мероприятие может быть реализовано за счет замены подвижного состава на тот, который имеет более высокую максимальную безопасную скорость движения на этих участках, или за счет изменения геометрических параметров участков маршрута.

Анализ линейного графика изменения скоростей движения на отдельных однородных по условиям движения участках маршрута (рисунок 3) показывает, что на участках с номерами с 32 по 35 и с 54 по 56 наблюдается значительное снижение скоростей движения (до 14,1 км/ч) по сравнению с соседними участками.

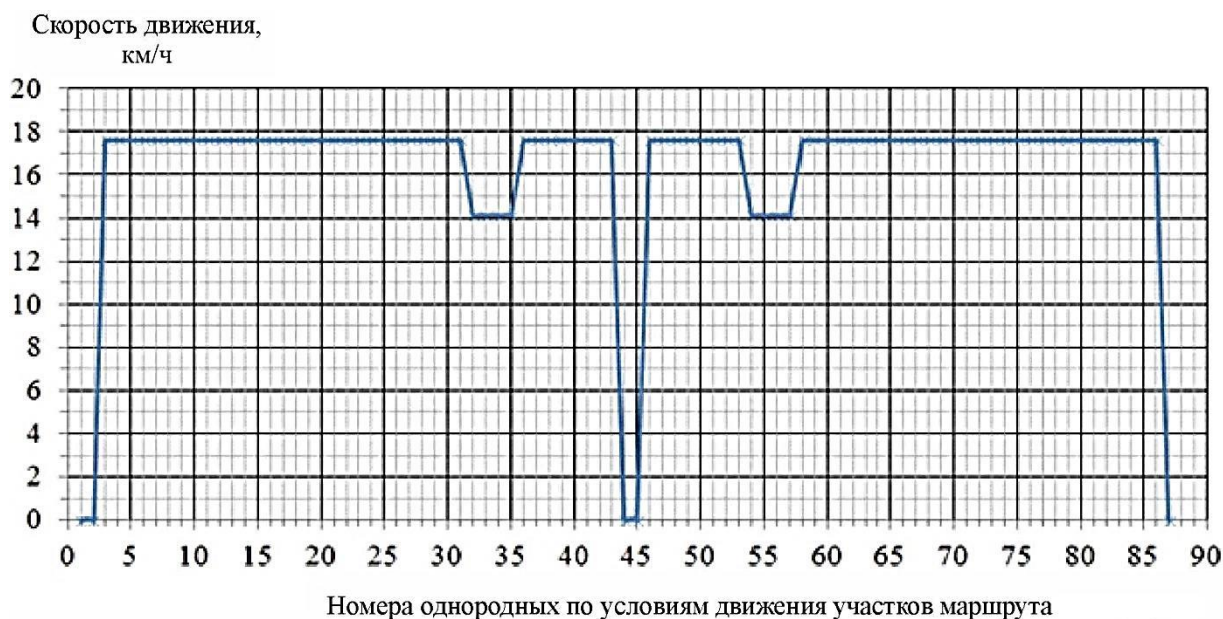


Рисунок 3 – График изменения скоростей движения по отдельным однородным по условиям движения участкам

Анализ параметров отдельных однородных по условиям движения участков маршрута перевозки показывает, что на участках с 32 по 35 и с 54 по 57 наблюдаются значительные продольные уклоны ($\alpha_{32} = 7,48^\circ$, $\alpha_{33, 34, 35} = 15,9^\circ$, $\alpha_{55, 56, 57} = -15,9^\circ$), большие значения коэффициента сопротивления качению ($f_{32} = 0,08$, $f_{33, 34, 35, 55, 56, 57} = 0,16$) и малые радиусы ($R_{33, 34, 35} = 11$ м, $R_{55, 56, 57} = 11$ м). Для того чтобы повысить производительность самосвала, именно на этих участках необходимо проводить реконструкцию (увеличивать радиусы горизонтальных кривых и уменьшать продольные уклоны) и, соответственно, увеличивать скорость движения.

Схема и параметры маршрута перевозки известняка после его реконструкции приведены на рисунке 4 и в таблице 2.

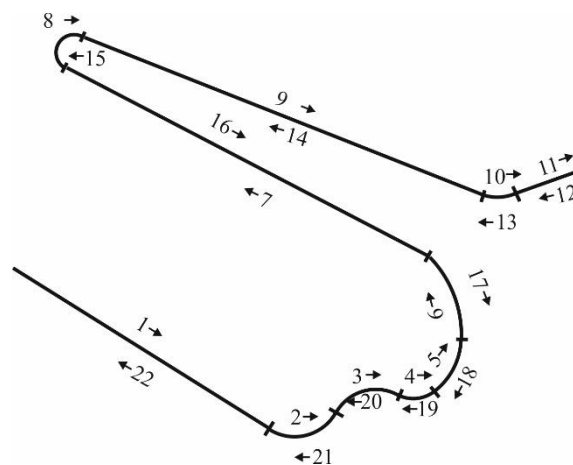


Рисунок 4 – Схема маршрута перевозки известняка после реконструкции

Таблица 2 – Параметры маршрута перевозки известняка после реконструкции

№ участка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Длина участка l_i , км	0,492	0,113	0,105	0,057	0,095	0,143	0,667	0,058	0,7	0,053	0,1	0,1	0,053	0,7	0,058	0,667	0,143	0,095	0,057	0,105	0,113	0,492
Продольный уклон α_i , град	-1,05	-1,52	0,55	2,01	1,81	3,2	2,58	1,98	2,13	2,16	3,44	-3,44	-2,16	-2,13	-1,98	-2,58	-3,2	-1,81	-2,01	-0,55	1,52	1,05
Радиус закругления в плане R_i , км	10	0,077	0,075	0,056	0,113	0,183	10	0,029	10	0,077	10	10	0,077	10	0,029	10	0,183	0,113	0,056	0,075	0,077	10
Коэффициент поперечного сцепления ϕ_y	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Поперечный уклон β_i , град	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Коэффициент сопротивления качению f_i	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

С помощью компьютерной программы Productivity and fuel consumption было проведено моделирование движения карьерного автомобиля-самосвала БелАЗ-75450 по отдельным однородным по условиям движения участкам маршрута. По результатам моделирования было установлено, что производительность на данном маршруте составила 105 т/ч и 273 т·км/ч, а расход топлива за оборот составил 9,86 литра.

Заключение

Таким образом, применение представленной методики организации процесса транспортировки грузов карьерными автомобилями-самосвалами позволило выявить резервы повышения эффективности процесса транспортировки известняка на одном из маршрутов ОАО «Комсомольское рудоуправление» (карьер «Северный»: от экскаватора № 1, расположенного на горизонте +12 до измельчительно-обогащительной фабрики). Так, до реконструкции производительность на данном маршруте составляла 85,8 т/ч и 223 т·км/ч. После применения данной методики и применения мероприятий по повышению производительности (замена самосвала БелАЗ-7548 на БелАЗ-75450, оснащение экскаватора ковшом объемом 6 м³ и реконструкция дорожных условий) удалось увеличить производительность до 105 т/ч (+22,38 %) и 273 т·км/ч (+22,43 %), а расход топлива за один оборот составил 9,86 литра (-4,27 %).

Список литературы

1. Великанов, Д. П. Эффективность автомобиля / Д. П. Великанов. – Москва : Транспорт, 1969. – 239 с.
2. Говорущенко, Н. Я. Основы теории эксплуатации автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – Киев : Вища школа, 1971. – 232 с.
3. Илларионов, В. А. Эксплуатационные свойства автомобиля (теоретический анализ) / В. А. Илларионов. – Москва : Машиностроение, 1966. – 280 с.
4. Квитко, Х. Д. Эффективность использования грузовых автомобилей / Х. Д. Квитко ; под редакцией А. И. Малышева. – Москва : Транспорт, 1979. – 174 с.
5. Афанасьев, Л. Л. Автомобильные перевозки / Л. Л. Афанасьев. – Москва : Транспорт, 1965. – 351 с.
6. Лейдерман, С. Р. Эксплуатация грузовых автомобилей : технико-экономические основы / С. Р. Лейдерман. – Москва : Транспорт, 1966. – 152 с.
7. Воркут, А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Вища школа, 1986. – 446 с.
8. Самисько, Д. Н. Экспериментальные исследования зависимости производительности грузового автомобиля от его грузоподъемности / Д. Н. Самисько // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2020. – № 1(32). – С. 3–11.

9. Куниця, А. В. Алгоритм моделювання процесу перевезень з урахуванням його багатofакторного дослідження / А. В. Куниця, Д. М. Самісько // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2010. – № 2(11). – С. 64–70.
10. Самісько, Д. М. Моделювання процесу дорожнього руху транспортного засобу і-ю характерною однорідною ділянкою маршруту / Д. М. Самісько // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. – № 3. – С. 38–46.
11. Самісько, Д. М. Алгоритм моделювання процесу дорожнього руху транспортного засобу / Д. М. Самісько // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 1, № 4(55). – С. 43–50.

Д. Н. Самісько
Автомобільно-дорожній інститут (філіал)
федерального державного бюджетного освітнього закладу
вищого освіти «Донецький національний технічний університет» в г. Горлівка
Методика підвищення продуктивності вантажних автомобільних перевезень
і її практичне застосування

Приведена методика підвищення продуктивності вантажних автомобільних перевезень, заснована на результатах імітаційного моделювання руху вантажного автомобіля по маршруту. Данна методика дозволяє визначати швидкості і час руху вантажного автомобіля по однорідним по умовам руху ділянкам маршруту і маршруту в цілому на основі комп'ютерного моделювання в розробленій автором програмі Productivity and fuel consumption.

При моделюванні враховуються дорожні умови і технічні характеристики вантажного автомобіля.

Застосування запропонованої методики в реальних умовах підтвердило можливість підвищення продуктивності перевізничного процесу. Практична цінність даної методики полягає в тому, що є можливість кількісної оцінки запропонованих заходів по підвищенню продуктивності до їх практичного впровадження.

АВТОМОБІЛЬ, ПРОДУКТИВНІСТЬ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ АВТОМОБІЛЯ, ШВИДКІСТЬ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

D. N. Samisko
Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution
of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka
Technique for Improving the Road Freight Transport Productivity
and its Practical Application

The technique for improving the road freight transport productivity, based on the results of simulation modelling of the truck movement along the route, is presented. This technique allows you to determine the speed and time of the truck movement according to characteristic sections of the route that are homogeneous in terms of traffic conditions and the route as a whole based on computer modelling in the program Productivity and Fuel Consumption developed by the author.

The modelling takes into account the road conditions and technical characteristics of the truck.

The application of the proposed technique in real conditions confirmed the possibility of increasing the transportation process productivity. The practical value of this technique lies in the fact that it is possible to quantify the proposed measures to improve productivity before their practical implementation.

CAR, CAR MOVEMENT SIMULATION MODELLING, ROAD FREIGHT TRANSPORT PRODUCTIVITY, CAR MOVEMENT SPEED

Сведения об авторе:

Д. Н. Самісько
 SPIN-код РИНЦ: 6088-4257
 Телефон: +7 949 318-99-61
 Эл. почта: sdn1982@yandex.ru

Статья поступила 20.03.2024

© Д. Н. Самісько, 2024

*Рецензент: Т. А. Самісько, канд. техн. наук, доц.,
 Автомобільно-дорожній інститут
 (філіал) ДонНТУ в г. Горлівка*