

ОЦЕНКА ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА ПЕРЕВОЗКАХ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ

В последние годы в регионах Украины, тяготеющих к морским портам, сложилась система перевозок экспортной металлопродукции, в которой значительное место занимает автомобильный транспорт.

При использовании автомобильного транспорта перевозка металлопродукции (слябов, стальных рулонов, листа в пачках и др.) осуществляется большегрузными автомобильными поездами (БАП) грузоподъемностью 25-30 т, состоящими из трехосных седельных тягачей и двух- либо трехосных полуприцепов различных моделей. В целом ряде случаев автомобильные перевозки осуществляются по дорогам городской сети.

Автомобильный транспорт на рассматриваемых перевозках используется с высокими технико-эксплуатационными и экономическими показателями. В современных условиях применение автотранспорта на перевозках металлопродукции является более экономически выгодными, чем железнодорожного.

Предварительная оценка показателей надежности позволила установить, что интенсивная эксплуатация и несоответствие конструктивных параметров подвижного состава дорожным условиям при установленном скоростном режиме движения, приводит к возникновению значительных динамических нагрузок в несущих системах. Это способствует преждевременному (через 1-2 года) износу несущей системы (рамы) автопоездов, что в свою очередь, приводит к снижению уровня эксплуатационной готовности, производительности машин и значительным производственным потерям. Без решения рассматриваемой проблемы преимущества автомобильного транспорта на перевозках экспортной металлопродукции будут утрачены [1].

Оценке транспортно-эксплуатационного состояния и диагностике автомобильных дорог в последнее время посвящены научные работы и публикации В.Ф. Бабкова, А.П. Васильева, Г.Б. Безбородовой, И.И. Леоновича, В.В. Сильянова, и др. Данные исследования включают оценку потребительских свойств автомобильных дорог, влияющих на эффективность и безопасность работы автомобильного транспорта, отражающих интересы, пользователей дорог и влияние на окружающую среду. К потребительским свойствам непосредственно относят скорость, непрерывность, безопасность и удобство движения, пропускную способность и уровень загрузки движением; способность пропускать автомобили и автопоезда с разрешенными для движения осевыми нагрузками, общей массой и габаритами, а также экологическую безопасность.

Вопросы оценки дорожных условий при установленных скоростных режимах движения БАП на рассматриваемых перевозках по критерию допустимой нагрузки в несущей системе в литературе не освещены и не рассматривались.

В связи с этим, целью настоящей статьи является разработка метода оценки дорожных условий при эксплуатации БАП на перевозках металлопродукции.

Рассматриваемые перевозки металлопродукции характеризуются сложными дорожными условиями, повышенными нагрузками и высокой интенсивностью. Значения некоторых технико-эксплуатационных показателей рассматриваемых перевозок приведены в табл. 1 [1].

Таблица 1
Технико-эксплуатационные показатели работы БАП на перевозках
металлопродукции

№ п/п	Параметры	Значения
1	Масса единицы груза, т	7-30
2	Суточная производительность автопоезда, т	до 240
3	Суточное количество ездов, езд.	до 8
4	Среднесуточный пробег автопоезда, км	350
5	Количество мест, требующих полной остановки	17
6	Количество закруглений	29
7	Длина маршрута перевозки, км	21-25
8	Продолжительность груженого рейса, мин.	35-40
9	Количество горизонтальных кривых на маршруте, ед.	58
10	Среднее количество, ед.:	
	- торможений и разгонов	77
	- остановок	22
	- переключений передач	180

Установлено, что вопросы повышения эффективности автомобильных перевозок металлопродукции, с использованием БАП существующих типов, в первую очередь, связаны с необходимостью обеспечения их эксплуатационной готовности, уровень которой определяется степенью приспособленности конструкции автопоездов к условиям перевозок металлопродукции [2].

Общая оценка факторного пространства показала, что условия эксплуатации большегрузных автопоездов в системе внешних перевозок металлопродукции существенно отличаются от обычных условий по многим параметрам. На эффективность эксплуатации подвижного состава оказывают наибольшее влияние следующие факторы: дорожные условия, режимы движения, схема размещения груза на подвижном составе, конструктивные особенности подвижного состава, условия и технология выполнения грузовых операций, параметры и свойства груза.

В формировании показателей эксплуатационной готовности (γ - коэффициент использования грузоподъемности и α_T - коэффициент технической готовности парка) доминирующую роль играет нагрузочный режим несущей системы автопоездов, который в свою очередь, определяется дорожными условиями при установленных скоростных режимах движения подвижного состава (рис. 1).

Объективная оценка сложных дорожных условий (D), применительно к режимам движения с установленными величинами скорости (V), позволит снизить величину динамических нагрузок ($P_{дин}$) и напряжений ($\sigma_{дин}$) в несущих системах БАП, уменьшить частоту возникновения переменных нагрузок, превышающих допустимый предел, а также интенсивность накопления усталостных повреждений.

При разработке метода оценки дорожных условий эксплуатации большегрузных автопоездов исследования проведены в два этапа. На первом этапе выполнена оценка напряженно-деформированного состояния несущей системы БАП при перевозке металлопродукции в сложных дорожных условиях. На следующем этапе установлены зависимости величин динамических нагрузок от параметров дорожных условий при различных значениях скоростного режима движения.

Для проведения экспериментальных исследований по определению динамических нагрузок выбран электротензометрический метод, который реализован с помощью специальной информационно-измерительной системы (ИИС). При выполнении замеров БАП двигался в груженом состоянии с

номинальной нагрузкой (26 т) по одному из маршрутов перевозок в городских условиях [3].

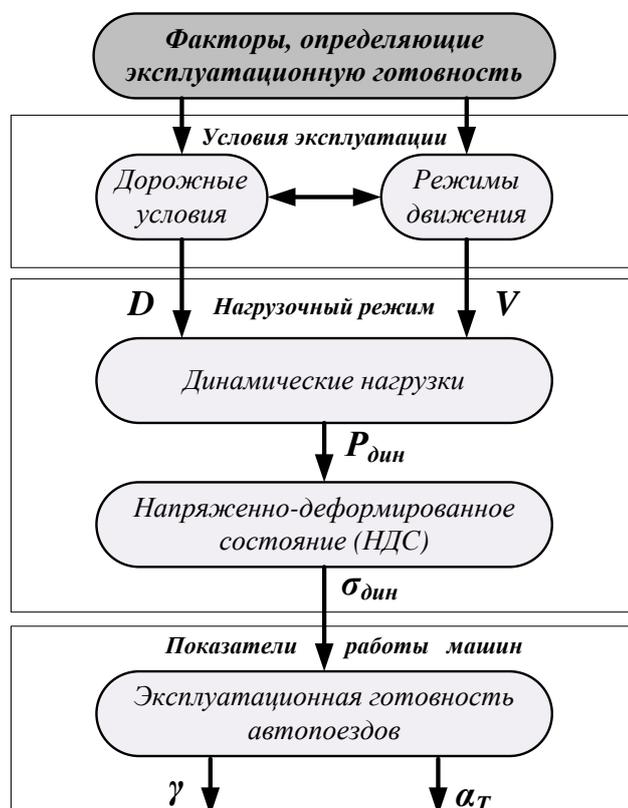


Рис. 1. Структурная схема формирования показателей эксплуатационной готовности большегрузных автопоездов

Величину динамических нагрузок целесообразно характеризовать коэффициентом динамичности, который определяется из выражения:

$$K_{\partial} = \frac{\sigma_{\partial}}{\sigma_{ст}}, \quad (1)$$

где σ_{∂} - величина динамических напряжений, МПа;

$\sigma_{ст}$ - величина статических напряжений, МПа.

По данным литературных источников [4], значение K_{∂} должно находиться в пределах 2,0÷3,0. Превышения значений коэффициента K_{∂} соответствует недопустимому уровню динамических нагрузок, под воздействием которых создаются предпосылки для появления отказов в несущей системе.

На рис. 2 приведены линейные графики усредненных значений коэффициентов динамичности K_{∂} участках маршрута перевозки.

Анализом экспериментальных данных и дорожных условий установлено (рис.1), что наибольшее влияние на величину динамических нагрузок оказывают

план трассы (параметры кривых) и параметры, характеризующие состояние и степень изношенности дорожного полотна (ровность и дефектность покрытия).

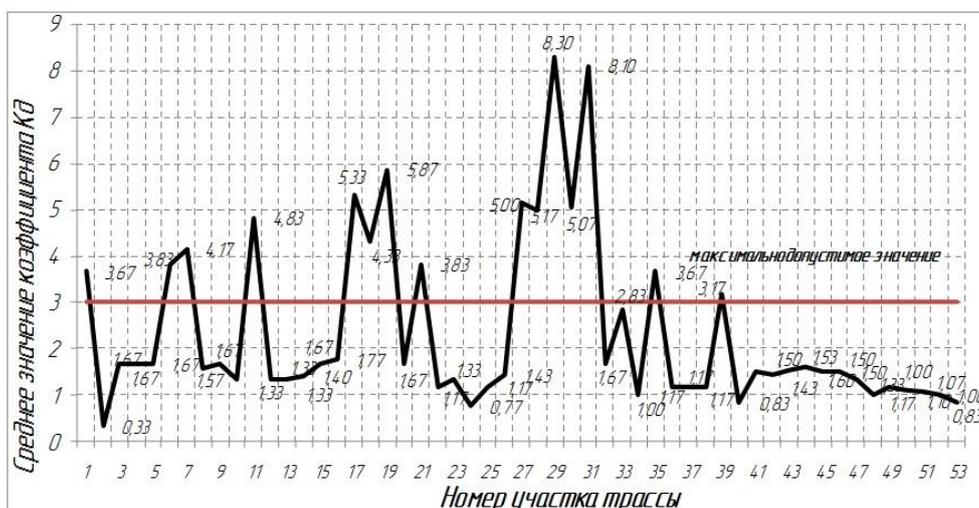


Рис. 2. Линейный график средних значений коэффициентов динамичности на участках трассы

С учетом полученных экспериментальных данных, для оценки дорожных условий по динамической нагрузке, действующей на элементы несущей системы БАП, принимаем следующие критерии:

- по параметрам кривых – радиус кривой R , м;
- по ровности дорожного покрытия – величина (высота) неровности S , м;
- по дефектности дорожного покрытия – величина (высота) дефекта d , м;
- по динамической нагрузке – величина коэффициента динамичности K_D ;
- по режиму движения – скорость движения автопоезда, V , км/ч.

Следующий этап исследования – установление функциональных зависимостей величин динамических нагрузок по указанным критериям дорожных условий при различных скоростных режимах.

В основу анализа положены данные по динамическим нагрузкам на различных участках маршрута перевозки, полученные при проведении экспериментальных исследований, которые были сгруппированы по критериям дорожных условий.

Моделированием установлено, что функциональные зависимости динамической нагрузки от параметров дорожных условий $K_D = f(R, S, d)$ имеют линейный характер. Уравнения, полученные после аппроксимации линейных графиков, приведены в табл. 2.

В основу разработки метода оценки дорожных условий при эксплуатации БАП на перевозках металлопродукции положено определение коэффициента динамичности на каждом участке маршрута и средних значений этого коэффициента на каждом маршруте. Наиболее рациональный маршрут перевозки характеризуется наименее сложными дорожными условиями по радиусу горизонтальной кривой, величинам неровностей и дефектов, что позволит значительно снизить величину динамических нагрузок в несущих системах БАП.

Таблица 2

Уравнения, устанавливающие зависимость коэффициента динамичности K_{∂} от параметров дорожных условий при заданных величинах скоростного режима

№ п/п	Параметры дорожных условий	Общий вид уравнения	Уравнения, соответствующие заданному скоростному режиму	
1.	Радиус горизонтальной кривой, R , м	$y = -ax + b$	$V_1=5$ км/ч	$y = -0,01x + 3,1$
			$V_2=10$ км/ч	$y = -0,01x + 3,2$
			$V_3=15$ км/ч	$y = -0,01x + 3,4$
			$V_4=20$ км/ч	$y = -0,0095x + 3,5$
			$V_5=25$ км/ч	$y = -0,009x + 3,5$
			$V_6=30$ км/ч	$y = -0,0085x + 3,6$
			$V_7=35$ км/ч	$y = -0,008x + 3,7$
			$V_8=40$ км/ч	$y = -0,0075x + 3,8$
2.	Величина неровности S , м	$y = ax + b$	$V_1=5$ км/ч	$y = 0,0075x + 0,2$
			$V_2=10$ км/ч	$y = 0,008x + 0,25$
			$V_3=15$ км/ч	$y = 0,0085x + 0,33$
			$V_4=20$ км/ч	$y = 0,0095x + 0,45$
			$V_5=25$ км/ч	$y = 0,011x + 0,53$
			$V_6=30$ км/ч	$y = 0,012x + 0,65$
			$V_7=35$ км/ч	$y = 0,0135x + 0,75$
			$V_8=40$ км/ч	$y = 0,0145x + 0,85$
3.	Величина дефектности, d , м	$y = ax + b$	$V_1=5$ км/ч	$y = 0,009x + 0,3$
			$V_2=10$ км/ч	$y = 0,0095x + 0,34$
			$V_3=15$ км/ч	$y = 0,0125x + 0,37$
			$V_4=20$ км/ч	$y = 0,0154x + 0,55$
			$V_5=25$ км/ч	$y = 0,018x + 0,75$
			$V_6=30$ км/ч	$y = 0,023x + 0,88$
			$V_7=35$ км/ч	$y = 0,031x + 0,95$
			$V_8=40$ км/ч	$y = 0,045x + 1$

Для количественной оценки дорожных условий m маршрутов перевозки принимается комплексный показатель, соответствующий минимальному значению коэффициента динамичности одного из маршрутов:

$$K_{\partial}^k = \min(K_{\partial}^j) = \min(K_{\partial}^1, K_{\partial}^2 \dots K_{\partial}^m), \quad (2)$$

где K_{∂}^j - среднее значение коэффициента динамичности на j -м маршруте перевозок. K_{∂}^j определяется как среднее арифметическое коэффициентов динамичности каждого участка маршрута перевозок:

$$K_{\partial}^j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{\partial}^{ij}, \quad (3)$$

где K_{∂}^{ij} - коэффициент динамичности i -го участка j -го маршрута перевозок;
 n - количество участков j -го маршрута.

В свою очередь, коэффициент K_{∂}^{ij} соответствует максимальному значению одного из коэффициентов динамичности i -го участка по критериям дорожных условий:

$$K_{\partial}^{ij} = \max(K_{\partial(R)}^{ij}, K_{\partial(S)}^{ij}, K_{\partial(d)}^{ij}), \quad (4)$$

где $K_{\partial(R)}^{ij}, K_{\partial(S)}^{ij}, K_{\partial(d)}^{ij}$ - коэффициенты динамичности i -го участка j -го маршрута перевозок по радиусу горизонтальной кривой, величинам неровностей или дефектов соответственно.

С учётом уравнений, приведенных в табл. 1, можно записать:

$$K_{\partial}^{ij} = \max(a_R^i \cdot R_i + b_R^i; a_S^i \cdot S_i + b_S^i; a_d^i \cdot d_i + b_d^i), \quad (5)$$

где $a_R^i, b_R^i, a_S^i, b_S^i, a_d^i, b_d^i$ - эмпирические коэффициенты, соответствующие i -му участку по радиусу горизонтальной кривой R_i , величинам неровностей S_i или дефектов d_i соответственно.

Подставляя (5) в (3), окончательно получаем

$$K_{\partial}^j = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \max(a_R^i \cdot R_i + b_R^i; a_S^i \cdot S_i + b_S^i; a_d^i \cdot d_i + b_d^i) \right]. \quad (6)$$

Выражения (2) и (6) позволяют расчетным путем реализовать предложенный метод оценки дорожных условий при эксплуатации БАП на перевозках металлопродукции.

В табл. 3 представлен пример расчета комплексного показателя оценки дорожных условий по динамической нагрузке в несущей системе БАП на рассматриваемых перевозках.

За основу приняты два маршрута с различными дорожными условиями, состоящие из 3-х участков. Каждый участок имеет горизонтальную кривую радиусом R_i , неровности величиной S_i и дефекты величиной d_i . Для каждого из 3-х участков скоростной режим составляет $V_j = 20, 25, \text{ и } 30$ км/ч соответственно.

Таблица 3

Результаты расчета комплексного показателя оценки дорожных условий K_{∂}^K

№ участка	Критерий дорожных условий	Скорость, км/ч	Маршрут перевозки			
			№1		№2	
			критерий	K_{∂}	критерий	K_{∂}
1.	радиус, м	20	50	2,93	80	2,64
	величина неровности, м		0,04	0,83	0,135	1,73
	величина дефекта, м		0,095	2,01	0,08	1,78
	K_{∂}^{ij}			2,93		2,64
2.	радиус, м	25	15	3,37	35	3,19
	величина неровности, м		0,195	2,68	0,205	2,79
	величина дефекта, м		0,1	2,55	0,08	2,19
	K_{∂}^{ij}			3,37		3,19
3.	радиус, м	30	110	2,67	75	3,1
	величина неровности, м		0,3	4,25	0,25	3,65
	величина дефекта, м		0,07	2,49	0,13	3,87
	K_{∂}^{ij}			4,25		3,87
K_{∂}^j			3,52		3,23	

Как показывают данные табл. 3, средние коэффициенты динамичности для двух маршрутов составляют $K_{\partial}^1 = 3,52$ и $K_{\partial}^2 = 3,23$. Комплексный показатель оценки дорожных условий при этом составит $K_{\partial}^K = 3,23$, поэтому маршрут №2 характеризуется менее сложными дорожными условиями.

Таким образом, выполненный расчет позволяет комплексно оценить дорожные условия и выбрать наиболее рациональный маршрут перевозки металлопродукции.

Выводы

1. Экспериментальными исследованиями установлено, что параметры скоростного режима движения большегрузных автопоездов на перевозках металлопродукции зависят главным образом от параметров дорожных условий, которые характеризуются радиусом горизонтальной кривой, ровностью и дефектностью дорожного покрытия.
2. Уравнения, устанавливающие взаимосвязь критериев динамических нагрузок и дорожных условий при заданных скоростных режимах, получены на основе экспериментальных зависимостей.
3. На основании предложенного подхода разработан инженерный метод оценки дорожных условий. Установление наиболее рациональных маршрутов транспортирования с использованием предложенного метода, обеспечивает

заданный уровень эксплуатационной готовности БАП, их высокопроизводительную и экономичную эксплуатацию.

Список использованных источников

1. Парунакян В.Э. Оценка работоспособности серийных автопоездов на внешних перевозках металлопродукции / В.Э. Парунакян, А.А. Жилинков // Межвузовский сборник научных трудов «Защита металлургических машин от поломок» – Мариуполь, 2008. – Вып. № 10. – С. 220 – 226.
2. Парунакян В.Э. К вопросу повышения эксплуатационной готовности большегрузных автопоездов на перевозках металлопродукции / В.Э. Парунакян, А.А. Жилинков // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту. Сер.: Технічні науки: Зб. наук. пр. – Маріуполь: ДВНЗ «Приаз. держ. техн. ун-т», 2011. – Вип. № 2(23). – С.277 – 282.
3. Жилинков А.А. Методика экспериментальных исследований процессов деформации несущей системы автопоездов при перевозке металлопродукции / А.А. Жилинков, В.Э. Парунакян // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту/ Сер.: Технічні науки: Зб. наук. пр. – Маріуполь: ДВНЗ «Приаз. держ. техн. ун-т», 2009. – Вип. № 19. – С. 256-260.
4. Осепчугов В. В. Анализ конструкций, элементы расчета: Учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / В.В. Осепчугов, А.К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

Статья поступила (20.01.14 г.)