

УДК 347.763;656.13; 621.9

**А. В. Калинин**, аспирант

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ДНР

Тел./Факс: +38 (071) 3076236; E-mail: [daatkay@mail.ru](mailto:daatkay@mail.ru)**К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ УСТРОЙСТВ С УЧЕТОМ ВЗАИМОЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

*На основе выполненного анализа существующей модели производительности транспортного средства, предложена новая, относительно перевозки изделий машиностроения с учетом взаимозависимости параметров технологического процесса транспортировки в модернизированном контейнерном устройстве.*

**Ключевые слова:** изделия машиностроения, эффективность, производительность, грузоподъемность.

**A. V. Kalinin****TO MODELING THE PERFORMANCE OF MODERNIZED CONTAINER DEVICES WITH THE ACCOUNT OF THE INTERDEPENDENCE OF THE PARAMETERS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF TRANSPORTATION OF MECHANICAL ENGINEERING PRODUCTS**

*Based on the analysis of the existing model of vehicle performance, a new one has been proposed, concerning the transportation of engineering products taking into account the interdependence of the parameters of the technological process of transportation in the modernized container device*

**Keywords:** products of mechanical engineering, efficiency, productivity, carrying capacity.

**1. Постановка проблемы**

Основной задачей отправителя (завода-изготовителя) или грузополучателя-перевозчика, является возможность перевозки максимально возможного количества груза с наименьшими количественными и качественными расходами, особенно если речь идет о перевозке изделий (комплектующих) машиностроения. При этом должна обеспечиваться минимальная себестоимость перевозок и наиболее высокая его производительность, но фактическая загрузка груза, которое можно одновременно перевезти, ограничивается. В этом случае размер партии груза, которое следует непосредственно одновременно транспортировать, определяет основной параметр необходимого механизма транспортировки - его грузоподъемность и фактическая грузоподъемность.

В результате изменений условий работы, изменения системы управления, экономической политики на государственном уровне, появляются все больше новые требования к техническим и технологическим особенностям механизмов транспортировки, а также особенности и критерии выбора механизма при транспортировке отдельного вида и типа изделий. Наиболее эффективными для конкретного вида транспортировки являются устройства и механизмы, которые в максимальной степени отвечают данным условиям технологического процесса. В общем виде это означает, что фактическая грузоподъемность или фактическая загрузка, должна отвечать количеству груза, который отправляется, желательно, чтобы это количество было возможно максимальному. Это позволило бы снизить себестоимость перевозки, но без вреда для отправителя или по-

лучателя. Принятие логистических решений в организации процесса транспортировки перевозок разных видов изделий приведет к корректированию и больше детальному изучению классической модели производительности, потому что выбор рациональное транспортного средства по производительности в децентрализованной системе не является актуальным и объективным [1].

## **2. Анализ последних исследований и публикаций**

Существующие экономико-математические модели производительности работы транспортных средств имеют ряд допущений и недостатков [1,3], а именно, отсутствие учета взаимозависимости параметров транспортного процесса. Основным недостатком всех классических моделей производительности есть отсутствие функциональной связи между технико-эксплуатационными показателями, выделим и в дальнейшем будем рассматривать следующие параметры технологического процесса транспортировки как фактическая загрузка, то есть связь номинальной грузоподъемности и коэффициента использования грузоподъемности механизма транспортировки, время погрузки-разгрузки и среднетехнической скорости.

В статье рекомендуется внести изменения и дополнение, как в модели производительности работы механизма транспортировки, так и в системе оценки и методики относительно выбора механизма во время доставки изделий, которое позволило бы учитывать параметры транспортного процесса.

## **3. Цель статьи**

Найти и включить взаимосвязи параметров технологического процесса транспортировки, и дополнить модель производительности механизмов транспортировки в случае использования гибких устройств с возможностью увеличения фактической загрузки.

## **4. Изложение основного материала**

Вид груза, именно его параметры и механические свойства, является основным из критериев транспортировки, также размер партии и фактическое время транспортировки [4-7]. Стандартным и наиболее универсальным типом кузова механизма транспортировки является бортовая открытая платформа или закрытая, но в современных условиях применения таких кузовов становится менее актуальной. Чаще всего применяются специализированные кузова, максимально приспособленные к физико-механическим особенностям грузов с целью обеспечения наиболее безопасной и эффективной транспортировки. Как эксперимент, предлагается рассмотреть конструкцию универсального транспортного средства, которое позволяет перевозить грузы на поддонах в два яруса [2]. В дальнейших исследованиях за основу будем принимать данную модель механизма транспортировки. Преимуществом данной конструкции является возможность осуществлять транспортировку в два яруса (уровня). Рассматривая модель производительности транспортного средства [1] с учетом применения гибкого устройства можно выделить такие основные параметры технологического процесса транспортировки, как фактическая загрузка, скорость техническая и время погрузки-разгрузки. Большинство параметров и показателей использования механизма транспортировки, взаимозависимы. Увеличение или уменьшение одного из них вызывает соответствующее изменение других, причем в одних эксплуатационных условиях эти функциональные связи могут быть довольно ощутимы, других же условиях, напротив, почти незаметными. Если конструкция предлагаемое механизма транспортировки позволяет осуществлять транспортировку изделия в два яруса, а значит общий объем транспортировки возрастает, то за основу для дальнейших исследований выбора эффективного механизма транспортировки, будем использовать модель определения производительности

при перевозке запланированного объема перевозок [2,5-9]. То есть можно записать следующее неравенство:

$$W_a \leq W_k, m; \quad (1)$$

$$\frac{q_n^a \cdot \gamma^a \cdot \beta_i \cdot V_{cm}^a \cdot l_{vi}}{l_{vi} + \beta_i \cdot V_{cm}^a \cdot t_{n-p}^a} \leq \frac{q_n^k \cdot \gamma^k \cdot \beta_i \cdot V_{cm}^k \cdot l_{vi}}{l_{vi} + \beta_i \cdot V_{cm}^k \cdot t_{n-p}^k}, m, \quad (2)$$

где  $W_a, W_k$  (условно)- производительность перевозок запланированного объема перевозок, соответственно обычного механизма, и механизма транспортировки с гибкой конструкцией (дополнительным оборудованием), т;

$q_n^a, q_n^k$  - номинальная грузоподъемность обычного механизма, и механизма с гибкой конструкцией (дополнительным оборудованием), т;

$\gamma^a, \gamma^k$ - коэффициент использования грузоподъемности обычного механизма, и механизма с гибкой конструкцией (дополнительным оборудованием);

$\beta$  - коэффициент использования пробега;

$V_{cm}^a, V_{cm}^k$  - среднетехническая скорость обычного механизма, и механизма с гибкой конструкцией (дополнительным оборудованием), км/ч;

$l_{vi}$  - расстояние транспортировки, км;

$t_{n-p}^a, t_{n-p}^k$  - время погрузки-разгрузки обычного механизма, и механизма с гибкой конструкцией (дополнительным оборудованием), ч.

С целью дальнейшего корректирования модели производительности и анализа эффективности использования модернизированного механизма транспортировки [1-4] при перевозке изделий машиностроения, рассмотрим следующие функциональные связи между фактической загрузкой и общим временем погрузки-разгрузки, степенью увеличения снаряженной массы механизма транспортировки с учетом изменения конструкции кузова и среднетехнической скоростью; среднетехнической скоростью и степенью загруженности транспортного средства, а также зависимость времени простоя механизма транспортировки под погрузочно-разгрузочными операциями, от класса груза, вида и способа погрузки-разгрузки от грузоподъемности механизма транспортировки.

Осуществляя доставку грузов, механизмы транспортировки перемещаются с разными скоростями, поэтому при выполнении эксплуатационных расчетов применяется усредненная величина скорости. Это объясняется, с одной стороны, хорошей динамичностью современных механизмов, в частности большим запасом мощности, которая позволяет преодолевать увеличение сопротивления движения без заметного снижения скорости. В соответствии результатов эксперимента при условии, что  $t_{n-p}, V_{cm}, l_{vi} - \text{const}, W=f(q)$ , наблюдаем что производительность возрастает от 1,3 до 1,8 раза. В дальнейшем изучение изменения скорости среднетехнической от изменения фактической загрузки механизма транспортировки согласно полученным экспериментальным значениям построим график зависимостей (рис. 1). На рисунке условно отметим максимальное значение среднетехнической скорости ( $V_{cm}^{\text{max}} = 49$  км/ч) и полученное минимальное значение ( $V_{cm}^{\text{min}} = 47$  км/ч),  $K_v$  - коэффициент который характеризует отклонение фактической скорости технической от максимально предусмотренной при движении пустого механизма транспортировки без груза и дополнительной массы за счет модернизации кузова.



Рисунок 1. Изменение скорости порожнегomeханизма транспортировки при изменении снаряженной массы за счет увеличения фактической загрузки кузова и его модернизации

Изучая характер изменения скорости от степени изменения снаряженной массы, массы фактически загруженного механизма транспортировки в один ярус, предлагается определить по следующей зависимости:

$$m_a = m_0 + \lambda \cdot (m_{max} - m_0), m, \tag{3}$$

где  $m_a$  – суммарная масса механизма с учетом фактической загрузки кузова, т;  
 $m_0$  – масса порожнего механизма транспортировки, т;  
 $m_{max}$  – масса механизма транспортировки с учетом фактической загрузки кузова и его модернизации, т;  
 $\lambda$  – значение коэффициента использования грузоподъемности (0.....1).

Далее определяем скорость среднетехническую фактического суммарно загруженного механизма по следующей формуле:

$$V_{cm}^a = V_{cm}^{a max} - K_v \cdot (m_a - m_0), км/ч, \tag{4}$$

где  $m_a$  – масса механизма с учетом фактической загрузки кузова, т, при условии что  $m_a$  меняется от  $m_0$ .....  $m^{max}$ ;

$m_0$  – масса порожнего механизма;

$V_{cm}^{max}$  – скорость техническая механизма транспортировки с учетом фактической загрузки кузова и его модернизации, км/ч;

$V_{cm}^a$  – скорость техническая обычного механизме с учетом фактического загрузки кузова, без модернизации, км/ч;

$K_v$  – коэффициент который характеризует отклонение фактической скорости технической от максимально предусмотренной при движении порожнего механизма

без груза и дополнительной массы за счет модернизации кузова. (0.....1) или  $1 \dots \left[ \frac{m}{m_0} \right]$

С учетом коэффициента использования грузоподъемности скорость техническую фактического загруженного механизма определяем по следующей зависимости:

$$V_{cm}^a = V_{cm}^{a max} - K_v \cdot \lambda \cdot (m^{max} - m_0), км/ч, \tag{5}$$

Коэффициент  $K_v$  определяем по зависимости:

$$K_v = \left[ 1 - \left( \frac{V_{\min}}{V_{\max}} \right) \gamma \right], \quad (6)$$

где  $V_{\min}$  - скорость среднетехническая механизма с учетом фактической загрузки кузова и его модернизации, км/ч;

$V_{\max}$  - скорость среднетехническая механизма без учета фактической загрузки кузова и его модернизации, км/ч.

В результате дальнейших преобразований скорость среднетехническую фактического загруженного механизма определяем по следующей формуле:

$$V_{cm}^a = V_{cm}^{a \max} - K_v \cdot \lambda = V_{cm}^{a \max} - \gamma \cdot (V_{\max} - V_{\min}), \text{ км/ч}, \quad (7)$$

$$V = V_{\max} \left[ 1 - \left( \frac{V_{\min}}{V_{\max}} \right) \gamma \right], \text{ км/ч}. \quad (8)$$

Согласно по-  
тальных данных соблю-  
вие:

лученных эксперимен-  
дается следующее усло-

$$0,96 \leq \frac{V_{\min}}{V_{\max}} \leq 0,98, \text{ км/ч}. \quad (9)$$

В результате полученных экспериментальных данных относительно значений среднетехнической скорости и выполненных зависимостей (3)-(8), получаем зависимости среднетехнических скоростей автомобиля с учетом фактической загрузки кузова:

$$V_a = V_{\text{нор}} \cdot \left( 1 - 0,02 \cdot \frac{q\gamma_a}{q_n} \right), \text{ км/ч}; \quad (10)$$

- механизма с учетом фактического загрузки кузова и его модернизаций, км/ч.

$$V_k = V_{\text{нор}} \cdot \left( 1 - 0,03 \cdot \frac{q\gamma_k}{q_n} \right), \text{ км/ч}. \quad (11)$$

где  $V_{\text{нор}}$  - скорость среднетехническая автомобиля пустого без учета фактического загрузки кузова и его модернизаций, км/ч;

$V_a, V_k$  - среднетехническая скорость обычного транспортного средства, и механизма транспортировки с дополнительным оборудованием, км/ч;

$q\gamma_n^a, q\gamma_n^k$  - фактическая нагрузка, соответственно обычного механизма, и механизма с дополнительным оборудованием, т.

Полученные зависимости были использованы при разработке методики для получения критериев эффективности использования механизма, а также при оперативном планировании перевозок. Эффект от уменьшения времени погрузки, выходит тогда, ко-

гда за плановое время нахождения в наряде можно выполнить дополнительно хоть одну езду. Если этого не происходит, то не производится дополнительной продукции, за счет которой можно было бы окупить средства, внесенные на организацию и механизацию погрузочно-разгрузочных работ непосредственно. Учитывая то, что на указанные показатели влияет большое количество причин вероятностного характера, их взаимосвязь может быть установлена с помощью корреляционного анализа.

Общее время простоя автомобиля под нагрузкой-разгрузкой ( $t_{заг\ н-р}$ ) – это время между прибытием и убытием механизма транспортировки от отправителя и грузополучателя. Оно включает время ожидания погрузки-разгрузки ( $t_{оч}$ ), время маневрирования механизма в пунктах погрузки-разгрузки ( $t_{ман}$ ), время выполнения погрузочно-разгрузочных операций ( $t_{в}$ ) и время оформления документации ( $t_{п-оф}$ ):

$$T_{заг\ н-р} = t_{маневр} + t_{оч} + t_{в} + t_{н-р} + t_{оф}, ч. \tag{12}$$

Объединивши время на ожидание погрузки-разгрузки ( $t_{оч}$ ), время маневрирования ( $t_{маневр}$ ), и время на оформление документов ( $t_{оф}$ ), условно можно обозначить как время технических операций ( $t_{технич}$ ), а время непосредственно израсходованное во исполнение погрузочно-разгрузочных операция обозначим как ( $t_{технол}$ ), тогда формула (12) примет следующий вид:

$$T_{заг\ н-р} = t_{технич} + t_{технол}, ч. \tag{13}$$

С целью уточнения суммарного времени, затрачиваемое на выполнение погрузочно-разгрузочных операций выполнили хронометражные наблюдения и из учета дополнений формулы (13), общее время на погрузку-разгрузку примет следующий вид:

$$t_{заг\ н-р} = t_{технич} + t_1 \cdot q\gamma, ч, \tag{14}$$

где  $t_1$ . время на погрузку одной тонны, т;

$q\gamma$  - фактическая загрузка, т.

В соответствии таблицы экспериментальных данных, и соответствия следующих условий, которые  $q\gamma$ ,  $V_{ст}$ ,  $I_{вн-const}$ ,  $W=f(t_{п-р})$ , видим что производительность снижается в 2 раза при увеличении времени погрузки-разгрузки, то есть можно утверждать что зависимость между фактической загрузкой и временем погрузки-разгрузки - линейная.

В дальнейшем изучении изменению времени на загрузку модернизированного и обычного автомобиля от степени загрузки кузова, согласно полученным экспериментальным значениям построим график зависимостей (Рис. 2). На рисунке условно отметим максимальное значение времени погрузки-разгрузки ( $t_{max}$ ) и полученное минимальное значение ( $t_{min}$ ),

В результате полученных экспериментальных дани значения времени на погрузку модернизированного и обычного механизма транспортировки от степени загрузки кузова и выполненных технических изменений (12,13) получили зависимости времени на погрузку - разгрузку с учетом фактического загрузки кузова:

$$t_{авт} = t_{технич} + t_{1m} \cdot q\gamma_a, ч; \tag{15}$$

- автомобиля с учетом фактического загрузки кузова и его модернизаций, км/ч.

$$t_{к} = t_{технич} + t_{1m} \cdot q\gamma_k, ч. \tag{16}$$

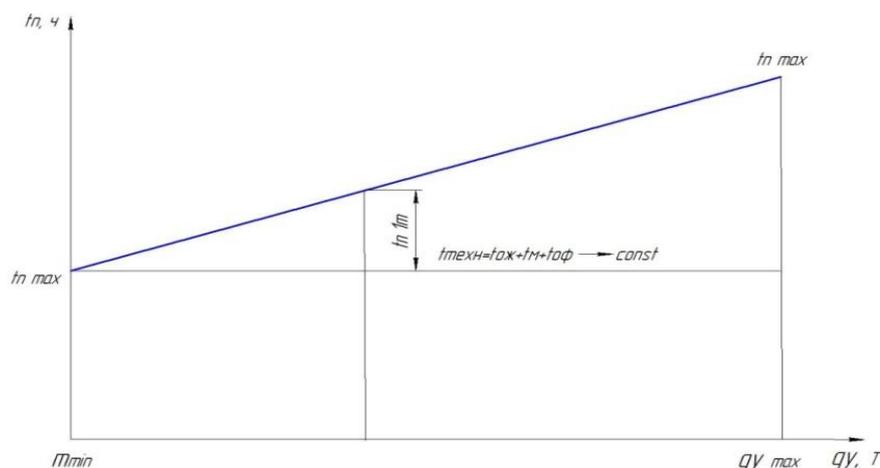


Рисунок. 2. Изменение значений эксперимента при изменению времени нагрузки за счет увеличения фактического загрузки кузова и его модернизации

Учитывающие факторы и связь параметров технологического процесса транспортировки, модель производительности соответственно условий транспортировки и разового объема перевозок, с учетом выполненных преобразований (3)-(16) имеет следующий вид, соответственно для обычного механизма фактически разового объема перевозок без модернизации ( $W_a$ ), и автомобиля оборудованного специальным оборудованием, с возможностью увеличить разовый объем перевозок ( $W_k$ ):

$$W_a = \frac{q_{н^a} \gamma_a \cdot \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,02 \cdot \frac{q_{н^a} \gamma_a}{q_{н^a}}))}{l_{6,i} + \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,02 \cdot \frac{q_{н^a} \gamma_a}{q_{н^a}})) \cdot (t_a^{мехн}_{н-p} + (t_{1ma} \cdot q_{н^a} \gamma^a))}, m; \tag{17}$$

$$W_k = \frac{q_{н^k} \gamma_k \cdot \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,03 \cdot \frac{q_{н^k} \gamma_k}{q_{н^k}}))}{l_{6,i} + \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,03 \cdot \frac{q_{н^k} \gamma_k}{q_{н^k}})) \cdot (t_k^{мехн}_{н-p} + (t_{1mk} \cdot q_{н^k} \gamma^k))}, m; \tag{18}$$

Неровность (2), с учетом выполненных преобразований примет следующий вид:

$$\frac{q_{н^a} \gamma_a \cdot \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,02 \cdot \frac{q_{н^a} \gamma_a}{q_{н^a}}))}{l_{6,i} + \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,02 \cdot \frac{q_{н^a} \gamma_a}{q_{н^a}})) \cdot (t_a^{мехн}_{н-p} + (t_{1ma} \cdot q_{н^a} \gamma^a))} \leq \frac{q_{н^k} \gamma_k \cdot \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,03 \cdot \frac{q_{н^k} \gamma_k}{q_{н^k}}))}{l_{6,i} + \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,03 \cdot \frac{q_{н^k} \gamma_k}{q_{н^k}})) \cdot (t_k^{мехн}_{н-p} + (t_{1mk} \cdot q_{н^k} \gamma^k))}, m; \tag{19}$$

$$\frac{q_{н^a} \gamma_a \cdot \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,02 \cdot \gamma_a^{\prime}))}{l_{6,i} + \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,02 \cdot \gamma_a^{\prime})) \cdot (t_a^{мехн}_{н-p} + (t_{1ma} \cdot q_{н^a} \gamma^a))} \leq \frac{q_{н^k} \gamma_k \cdot \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,03 \cdot \gamma_k^{\prime}))}{l_{6,i} + \beta_i \cdot (V^{nop}_{cm} \cdot (1 - 0,03 \cdot \gamma_k^{\prime})) \cdot (t_k^{мехн}_{н-p} + (t_{1mk} \cdot q_{н^k} \gamma^k))}, m. \tag{20}$$

Определение взаимосвязи параметров транспортного процесса, относительно перевозки изделий машиностроения, позволило дополнить модель производительности работы механизмов транспортировки с целью корректного выбора рационального транспортного средства, а также оценки эффективности использования специализированных транспортных средств или иных механизмов, которые смогут позволить увеличивать фактическую загрузку груза.

### 5. Выводы

Нашли и включили взаимосвязи параметров транспортного процесса, относительно перевозки изделий машиностроения и дополнить модель производительности транспортных средств, в случае использования технически модернизированного транспортного средства с возможностью увеличения фактического загрузки. Также полученные знания, позволят в дальнейшем продолжить изучение оценки эффективности использования специализированных транспортных средств, которые смогут позволить увеличивать фактическую загрузку груза с низким коэффициентом использования грузоподъемности, и проанализировать ступней влияния взаимосвязей параметров транспортного процесса на экономические показатели и показателей эффективности проекта целесообразности модернизации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин, А. В. Проблемы повышения производительности и оценки эффективности использования автотранспортного средства при перевозке мелкоштучных пакетированных грузов / А. В. Калинин // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта – 2010. – №3 – С. 28-33.
2. Калинин, А. В. Оценка эффективности выбора транспортной упаковки с учетом взаимозависимости параметров технологического процесса транспортировки и хранения штучных грузов / А. В. Калинин // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта – 2017. – №2 – С. 16-22.
3. Мельникова, Е. П. Анализ выбора механизмов транспортировки штучных изделий машиностроения и оценка их применимости в технологических процессах / Е. П. Мельникова, А. В. Калинин // Международный сборник научных трудов «Прогрессивные технологии и системы машиностроения» – Донецк: ДонНТУ, 2018 – № 2(61) – С. 57-64.
4. Николин, В. И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов / В. И. Николин // – М.: Транспорт, 1990. – 191 с.
5. Воркут, А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут // – Киев: Высшая школа, 1986. – 447 с.
6. Автомобильные перевозки / Афанасьев Л. Л. и [др.]. – М.: Издательство «Транспорт», 1973. – 320 с.
7. Транспортная логистика / под ред. Миротина Л. Б. – М: МГАДИ, 1996. – 215 с.
8. Чеботаев, А. Народнохозяйственная эффективность специализированных автомобилей. / А. Чеботаев // Автомобильный транспорт. – 1981. – № 3. – С. 16-19.
9. Горев, А. Е. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений / А. Е. Горев, Е. Г. Олещенко. – 5-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.

Поступила в редколлегию 15.05.2018 г.