

УДК 656.861.44

А. А. ЖИЛИНКОВ^{1*}, Н. И. БЕРЕЗОВЫЙ^{2*}

^{1*} Каф. «Транспортные технологии предприятий», Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», ул. Университетская, 7, 87555, Мариуполь, Украина, тел. +38 (0629) 44 65 63, ел. почта aa.zhilinkov@gmail.com, ORCID 0000-0002-3252-8577

^{2*} Каф. «Транспортные узлы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, г. Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (056) 793-19-13, эл. почта n.berezovy@gmail.com, ORCID 0000-0001-6774-6737

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРУБНОЙ ПРОДУКЦИИ РАЗЛИЧНОГО СОРТАМЕНТА В КУЗОВАХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В статье рассмотрены актуальные вопросы рационального размещения груза на подвижном составе в системе автомобильных перевозок трубного проката. Целью исследования является разработка алгоритма расчета схем размещения трубной продукции различного сортамента в кузовах автотранспортных средств с учетом свойств груза, параметров подвижного состава и условий перевозок. Дана подробная характеристика перевозимого груза по сортаменту, массе, габаритам пакетов. Выполнен анализ параметров подвижного состава и условий перевозок.

В основу разработки приняты отдельные методы и методики стандартов, руководств, кодексов, правил перевозки, правил крепления грузов, действующих в европейских странах. Установлено, что в странах Евросоюза до сих пор нет единой методики размещения и крепления грузов в кузовах автотранспортных средств. Вопросы размещения и крепления трубной продукции различного сортамента и размеров на грузовых платформах автотранспортных средств в литературных источниках не рассмотрены.

Разработанный алгоритм представляет собой совокупность действий по выбору, расчету и проверке различных параметров схемы размещения (погрузки) труб. Алгоритм включает несколько блоков, каждый из которых соответствует отдельной операции или группе операций. Основными этапами разработки являются: формирования пакета трубной продукции, определение размеров сечения груза по критерию максимальной грузоподъемности, расчеты величин осевых нагрузок, инерционных сил, действующих на автотранспортное средство, сил трения, сил предварительного натяжения, выбор и расчет количества средств крепления и реквизита. В ходе разработки выполняется также ряд проверочных расчетов по осевым нагрузкам и напряжениям.

К научной новизне следует отнести отсутствие методов, моделей и алгоритмов при выборе и разработке рациональных схем размещения трубной продукции на грузовых платформах автотранспортных средств. Практическая значимость заключается в том, что внедрение более рациональных схем размещения трубной продукции позволит повысить производительность подвижного состава на 6-12% и практически полностью исключить порчу товарного вида трубной продукции.

Ключевые слова: трубная продукция; автотранспорт; схема размещения; алгоритм

Введение

Основные положения организации и деятельности автомобильного транспорта в Украине определены Законом об автомобильном транспорте [1]. Права, обязанности и ответственность собственников автомобильного транспорта – перевозчиков, а также грузоотправителей и грузополучателей – заказчиков определены Правилами перевозок грузов автомобильным транспортом в Украине [2].

Государственная политика по вопросам безопасности на наземном транспорте реализуется Государственной службой Украины по безопасности на транспорте, деятельность которой

координируется Кабинетом Министров Украины через Министра инфраструктуры. Несмотря на то, что одним из основных заданий службы, закрепленных Положением о государственной службе по безопасности на транспорте [3] является осуществление государственного надзора и контроля над безопасностью на автомобильном транспорте, в практике использования законодательства и его гармонизации с европейскими нормами и правилами есть существенные пробелы. Это связано с отсутствием, в частности, механизма контроля размещения и крепления грузов в кузовах автотранспортных средств, что негативно влияет на безопасность

перевозочного процесса в целом.

Актуальность практических шагов в данном направлении подтверждается ростом объемов перевозки грузов автомобильным транспортом. Одним из факторов, повлекших за собой это увеличение, стало в частности изменение направлений экспортных потоков трубной продукции, выпускаемой промышленными предприятиями Украины в сторону стран Западной Европы и передача части таких грузов с железнодорожного транспорта на автомобильный. Нарушение норм размещения и крепления груза на автомобильном подвижном составе приводит к возникновению аварийных ситуаций на дорогах общего пользования и порче груза.

Постановка проблемы

В настоящее время металлургическими предприятиями выпускается широкая номенклатура трубной продукции, которая характеризуется разными параметрами. Сечение труб имеет различную геометрическую форму профиля (сортамент), диаметр, толщину стенки и соответственно различную погонную массу.

В процессе организации перевозок труб автомобильным транспортом в междугородном и международном сообщении партии укрупняют путем формирования пакетов максимальной массой до 3 т. Пакеты имеют также разную форму, размеры сечения и длину (рис. 1). В одну и ту же партию может входить несколько видов трубной продукции.

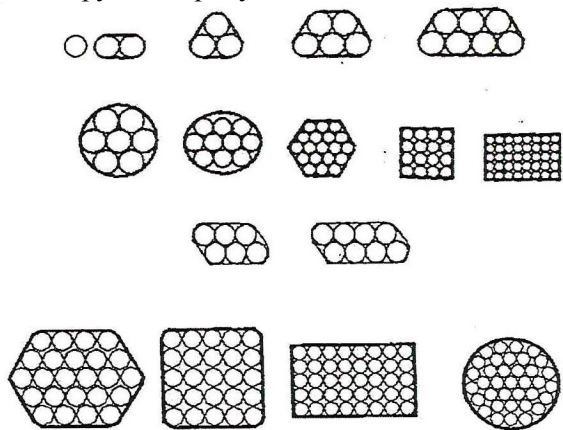


Рис. 1. Форма пакетов трубной продукции

В качестве подвижного состава для транспортирования трубной продукции применяют стандартные автопоезда, состоящие из двухосных либо трехосных седельных тягачей и трехосных полуприцепов-фургонов с тентом. Данные автотранспортные средства по эксплуатационным и конструкционным параметрам соответствуют украинским и европейским требо-

ваниям. При отправке груза в страны Евросоюза полная масса автопоезда составляет 39 т, при отправке груза по Украине – 38 т.

Существующая система автомобильных перевозок трубной продукции имеет ряд недостатков. Проблемы возникают уже на этапе погрузки груза в кузов. Ввиду различного сортамента труб, формы (сечения) пакетов и наличия разных труб в одной партии, фактическая грузоподъемность полуприцепа (q_{ϕ}) не соответствует номинальному значению (q_H). При $q_{\phi} \neq q_H$ грузоподъемность автопоезда (полуприцепа) недоиспользуется либо подвижной состав будет перегружен.

Другим серьезным недостатком является проблема правильной укладки и, одновременно с этим, сложности крепления груза. В процессе перевозки на транспортное средство и груз действуют различные внешние силы. Пакеты, которые неправильно и ненадежно закреплены, перемещаются в продольном и поперечном направлении. В ряде случаев взаимодействуя с элементами кузова, портится антикоррозийное покрытие труб, и груз утрачивает товарный вид.

Очевидно, что без решения данных проблем подвижной состав будет использоваться нерационально, а процессе перевозки трубной продукции будет сопровождаться порчей груза, и как следствие, дополнительными материальными затратами.

Анализ последних исследований и публикаций

Информация по выбору и расчетам схем размещения штучных и тарно-штучных грузов различных классов приведена в Руководстве по укладке грузов в грузовые транспортные единицы ИМО/МОТ/ЕЭК ООН, а также в европейском стандарте EN 12 195 «Средства крепления грузов на дорожных транспортных средствах — безопасность» [4]. В Руководство вошли результаты системного анализа условий крепления грузов на автотранспортных средствах, который был выполнен учеными и специалистами Евросоюза. Руководство также содержит основные положения кодексов, правил перевозки, правил крепления грузов ведущих европейских стран (Великобритании, Германии, Франции, Швеции и др.), европейских стандартов, директив ЕЭК ООН [5, 6].

Нужно отметить, что и на сегодняшний день не принято единой международной методики размещения и крепления грузов в кузовах авто-

транспортных средств. Европейские перевозчики руководствуются своими национальными правилами и стандартами [7, 8]. В то же время украинские перевозчики при осуществлении международных перевозок должны придерживаться правил перевозок грузов стран, на территории которых выполняется перевозка. При перевозке грузов по территории Украины требования к размещению и креплению груза отсутствуют.

Перевозка грузов на железнодорожном транспорте в Украине регламентируется соответствующими Правилами [9] и существует процедура разработки, проверки и утверждения схем погрузки. При перевозке грузов автомобильным транспортом в лучшем случае предприятия отправители разрабатывают собственные инструкции [10]

Вопросы размещения и крепления трубной продукции различного сортамента и размеров на грузовых платформах автотранспортных средств в литературе не рассмотрены. Отсутствуют также методы, модели и алгоритмы расчета рациональных схем размещения и крепления данного груза в рассматриваемых условиях.

Цель статьи

Целью настоящей статьи является разработка алгоритма расчета схем размещения трубной продукции различного сортамента в кузовах автотранспортных средств (АТС) с учетом свойств груза, параметров подвижного состава и условий перевозок.

Изложение основного материала

Исходными данными для расчета, выбора и разработки рациональных схем размещения (погрузки) трубной продукции являются параметры самого груза (сортамент труб, форма, размеры и вес пакета), технические параметры автотранспортного средства (грузоподъемность, габаритные размеры кузова, нагрузки на оси, седельное устройство и др.), а также параметры процесса транспортирования (способ погрузки-выгрузки, дорожные условия, режим работы).

Последовательность расчета (разработки) схемы размещения трубной продукции представлена на блок-схеме (рис. 2).

Разработка схемы начинается с подробного анализа исходных данных всех параметров. Особое внимание уделяется габаритно-весовым параметрам груза, так как с их учетом опреде-

ляется форма пакета труб, количество пакетов, формируются штабели (ярусы), подсчитывается их число. Далее устанавливаются геометрическая форма и габаритные размеры сечения всей совокупности груза, сформированной из пакетов и штабелей труб. С учетом перечисленных параметров разрабатывается расчетная схема, по которой производятся дальнейшие расчеты для определения координат центров масс в поперечном направлении (O_i) (рис. 3).

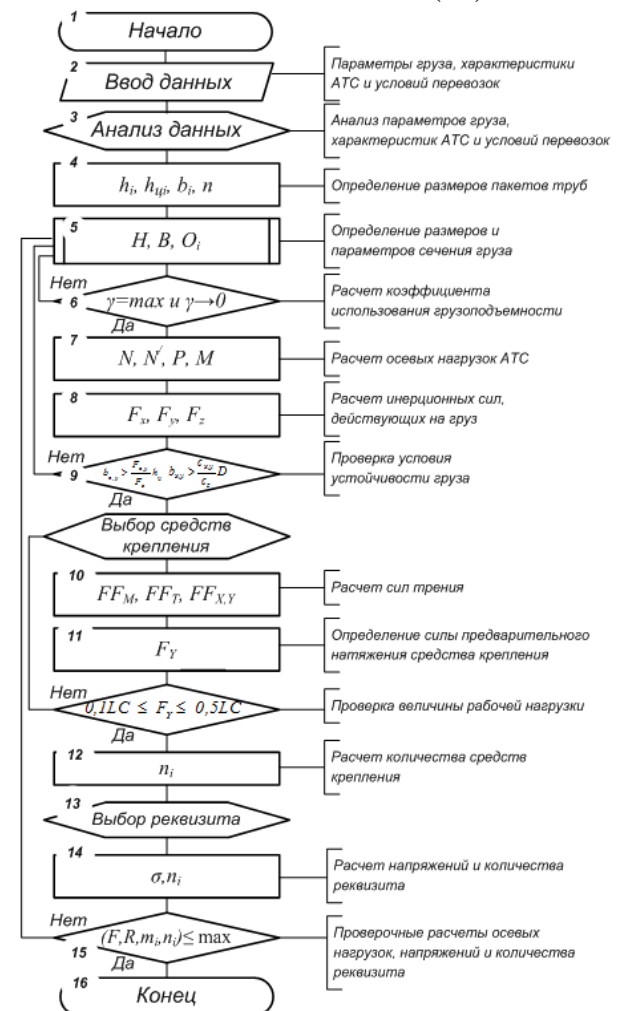


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета схемы размещения трубной продукции на грузовой платформе АТС

Необходимо отметить, что вопрос формирования и определения параметров сечения груза (заполнения кузова) является весьма сложным и на сегодняшний день не решен. В настоящее время данный вопрос находится в стадии разработки.

Центр массы (тяжести) груза (h_y) в вертикальном направлении определяется по формуле [4]:

$$h_{ц} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i h_{ц_i}}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (1)$$

где m_i - масса отдельных штабелей (ярусов) груза, кг;

$h_{ц_i}$ - высота центра тяжести соответствующих штабелей (ярусов) от пола платформы, м.

Высота центра тяжести каждого из штабелей $h_{ц_i}$ определяется по известным геометрическим формулам, зная форму сечения пакетов (штабелей).

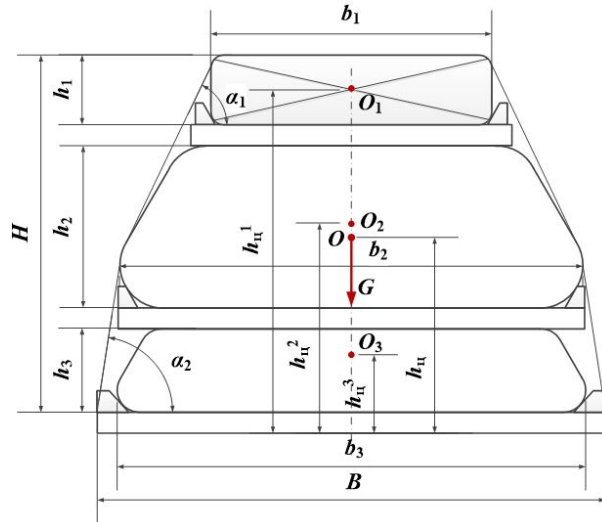


Рис. 3. Вариант схемы погрузки (размещений) трубной продукции

На следующем этапе определяются весовые параметры автотранспортного средства. Масса перевозимого груза ($m_{гр}$) в автопоезде вызывает дополнительные нагрузки на осях полуприцепа и седельного тягача, в седельно-сцепном устройстве.

По известной физической зависимости между весом и массой тела, распределение нагрузок по осям седельного автопоезда определяется исходя из равенства моментов прикладываемых сил. Согласно силовой схеме (рис. 4) запишем для полуприцепа [4-6]:

$$N = \frac{Gd}{c} \quad (2)$$

$$M = \frac{Ge}{c} \quad (3)$$

где G - сила тяжести, приложенная к центру масс груза, кН;

N, M - части силы тяжести груза, приходящиеся на ось (середину) тележки и шкворень полуприцепа соответственно, кН;

c - расстояние между шкворнем и осью (серединой тележки) полуприцепа, м;

e, d - соответственно расстояния между центром масс груза и осью (серединой) тележки, шкворнем полуприцепа, м.

Для полуприцепа полной массой ($m_{пол}^{nn}$) распределение массы между осями (N') и опорно-сцепным устройством (P) [6]:

$$N' = N + n \quad (4)$$

$$P = M + m_{nn} \quad (5)$$

где m_{nn} - части собственной массы полуприцепа, приходящиеся на ось (середину тележки) и шкворень полуприцепа соответственно, кг.

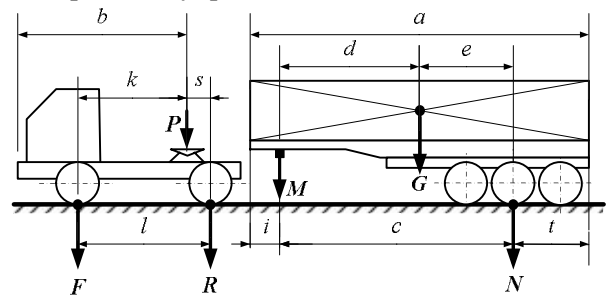


Рис. 4. Расчетная схема для определения весовых параметров автопоезда

Координаты центра массы груза относительно оси тележки и шкворня полуприцепа [4,6,7].

$$d = \frac{N'c}{G} \quad (6)$$

$$e = \frac{Pc}{G} \quad (7)$$

После определения координат центра масс необходимо установить фактические величины инерционных сил, действующих на груз в процессе перевозки.

При расчете сил, действующих на груз, согласно (европейскому стандарту EN 12 195-1) [8] необходимо определить устойчивость груза в продольном (ось x) и в поперечном (ось y) направлении. Условие устойчивости груза [7, 8]:

$$F_z b_{x,y} > F_{x,y} h_{ц} \quad (8)$$

$$b_{x,y} > \frac{F_{x,y}}{F_z} h_{ц} \text{ или } b_{x,y} > \frac{c_{x,y}}{c_z} D \quad (9)$$

где F_z - вертикальная сила, представляющая собой сумму сил, которая включает силу тяжести груза и силу инерции, которая действует на

груз вследствие движения автомобильного транспортного средства в направлении вертикальной оси (ось Z) автомобильного транспортного средства, кН;

F_x - продольная сила, кН;

F_y - поперечная сила, кН;

$b_{x,y}$ - расстояние от ребра опрокидывания до центра тяжести, м.

$$F_z = c_z m_{гр} g \quad (10)$$

$$F_{x,y} = c_{x,y} m_{гр} g \quad (11)$$

где $c_{x,y}, c_z$ - коэффициенты ускорения, значения которых приведены в EN 12 195-1 [4];

g - ускорение свободного падения, м/с².

Для предотвращения перемещения пакетов труб в кузове необходимо предусмотреть средства крепления, рассчитать их количество и параметры.

В соответствии с EN 12 195-1 [4, 8] заданный груз (трубы стальные) закрепляют на грузовых платформах следующими способами: прижатием (прижимом) с помощью крепежных ремней, тросов или цепей; блокировкой наполнителем, щитами, распорками или упорами; диагональное крепление обвязками; сочетание способов.

Расчет максимальных нагрузок для средств крепления груза определяется по условию равновесия сил в продольном и поперечном направлении [4, 8]:

$$FF_M + FF_T > FF_{x,y} \quad (12)$$

где FF_M - сила трения вследствие действия вертикальной силы F_z , кН;

FF_T - сила трения вследствие действия силы предварительного натяжения F_y , кН.

$$FF_M = \mu_k m_{гр} c_z g \quad (13)$$

$$FF_T = \mu_k n k F_y \sin \alpha \quad (14)$$

$$m_{гр} (\mu_k c_z g + n k F_y \sin \alpha) > \mu_k c_{x,y} g \quad (15)$$

где k - коэффициент передачи;

α - вертикальный угол между платформой и средством крепления (рис. 3);

μ_k - кинематический коэффициент трения;

n - количество средств крепления, ед.

Сила предварительного натяжения средства крепления определяется по следующей формуле (EN 12 195-1) [7, 8]:

$$F_y \geq \frac{(c_{x,y} - \mu_k c_z) m_{гр} g}{n k \mu_k \sin \alpha} f_s \quad (16)$$

где f_s - коэффициент безопасности.

Следующий этап разработки – выбор типа средств (устройств) крепления и реквизита (цепи, ремни, упоры, прокладки, устройства блокировки и натяжения, упоры), а также расчет числа точек крепления.

Предварительный расчет количества средств крепления, необходимых для предотвращения скольжения и/или опрокидывания, проводится по таблицам, приведенным в Руководстве по укладке грузов в грузовые транспортные единицы ИМО/МОТ/ЕЭК ООН [4].

Рабочая нагрузка (LC) крепежного элемента должна по величине удовлетворять условию:

$$0,1LC \leq F_y \leq 0,5LC \quad (17)$$

Количество средств крепления определяется по следующей формуле:

$$n \geq \frac{(c_{x,y} - \mu_k c_z) m_{гр} g}{k \mu \sin \alpha F_y'} f_s \quad (18)$$

Далее ведутся расчеты по определению максимального напряжения и параметров (сечения, калибра, размеров, количества) дополнительного реквизита (подкладки, подставки, фрикционные прокладки, щиты, упоры и др.). Для подобных расчетов используют известные методики, а исходными данными являются свойства материала.

Заключительный этап разработки сводится к выполнению проверочных расчетов по определению величин осевых нагрузок, напряжений, количества реквизита и устойчивости верхних ярусов груза от продольного и поперечного смещения (рис. 3 и 4).

Выводы

1. Начальный этап исследований показал, что существуют предпосылки для разработки более рациональных схем размещения трубной продукции, вызванные наличием в грузовой отправке труб различного сортамента, характеризующегося в т. ч. условиями транспортировки, в частности, исключающими возможность деформации труб в процессе перевозки.

2. Установлено, что вопросы формирования и определения параметров сечения груза при погрузке автомобилей трубной продукцией являются весьма сложными и на сегодняшний день решаются интуитивно персоналом предприятий-отправителей трубной продукции.

3. В статье разработана последовательность построения схем различного сортамента на грузовой платформе автотранспортного средства. На основании результатов исследований предложен алгоритм расчета схемы размещения трубной продукции.

4. Предварительные расчеты показали, что применение более рациональных схем размещения трубной продукции на основании разработки и внедрения автоматизированного рабочего места, оборудованного программным комплексом, в основе которого лежит указанный алгоритм, позволит повысить производительность подвижного состава на 6-12% и практически полностью исключить порчу трубной продукции в процессе перевозки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Про автомобільний транспорт. [Електронний ресурс] : затв. : Закон України 05.01.2001 р. №2344-III. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>
2. Правила перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні [Електронний ресурс]: Затв.: Наказ Міністерства транспорту України від 14.10.97 № 363 і зареєстровані Міністерством юстиції України 20.02.98 за № 128/2658 (зі змінами). – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0128-98>
3. Положення про Державну службу України з безпеки на транспорті. [Електронний ресурс]: Затв.: Постанова Кабінету Міністрів України 11.02.15 р. за № 103. – Режим доступу : <https://zakon2.rada.gov.ua/>

[laws/show/103-2015-п.](https://zakon2.rada.gov.ua/)

4. Руководство по надлежащей европейской практике укладки грузов в ходе автомобильных перевозок [Текст] / Европейская комиссия; Пер. с англ. – Донецк: Государственное издательство «Донбасс», 2012. – 232 с.

5. Правила ЕЭК ООН, Стандарты ИСО и Директивы ЕС в области автомобилестроения. [Текст] / САТР. – Москва, 1994. – 121 с.

6. Прокофьев, М. В. Автомобильные транспортные средства. Международные требования к конструкции и эксплуатации [Текст] / М. В. Прокофьев. – Москва: ТРИАДА ЛТД, 2005. – 120 с.

7. Vehicle Engineering Handbook [Текст] / FTA, 1990. – 337 с.

8. Vehicle Engineering Handbook [Текст] / FTA, 1993. – 96 с.

9. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України. Ч. 1 [Текст] – Київ : Видавничий дім «САМ», 2004. – 432 с.

10. Подготовка продукции трубных цехов для отгрузки потребителям. Технологическая инструкция [Текст] – Днепр : ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ», 2015. – 15 с.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Ракиша С. В. (Украина)

Поступила в редколлегию 20.05.2019.

Принята к печати 29.05.2019.

О. О. ЖИЛИНКОВ, М. І. БЕРЕЗОВИЙ

АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ СХЕМ РОЗМІЩЕННЯ ТРУБНОЇ ПРОДУКЦІЇ РІЗНОГО СОРТАМЕНТУ В КУЗОВІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У статті розглянуто актуальні питання раціонального розміщення вантажу на рухомому складі в системі автомобільних перевезень трубного прокату. Метою дослідження є розробка алгоритму розрахунку схем розміщення трубної продукції різного сортаменту в кузовах автотранспортних засобів з урахуванням властивостей вантажу, параметрів рухомого складу і умов перевезень. Дана детальна характеристика вантажу, що перевозиться по сортаменту, масі, габаритам пакетів. Виконано аналіз параметрів рухомого складу і умов перевезень.

В основу розробки прийняті окремі методи і методики стандартів, інструкцій, кодексів, правил перевезення, правил кріплення вантажів, що діють в європейських країнах. Встановлено, що в країнах Євросоюзу досі немає єдиної методики розміщення і кріплення вантажів у кузовах автотранспортних засобів. Питання розміщення і кріплення трубної продукції різного сортаменту і розмірів на вантажних платформах автотранспортних засобів в літературних джерелах не розглянуті.

Розроблений алгоритм являє собою сукупність дій по вибору, розрахунку та перевірки різних параметрів схеми розміщення (навантаження) труб. Алгоритм включає кілька блоків, кожен з яких відповідає окремій операції або групі операцій. Основними етапами розробки є: формування пакета трубної продукції, визначення розмірів перетину вантажу за критерієм максі-бітної вантажопідйомності, розрахунку величин осьових навантажень, інерційних сил, що діють на автотранспортний засіб, сил тертя, сил попереднього натягу, вибір і розрахунок кількості коштів кріплення і реквізиту. В ході розробки виконується також ряд перевіро-чих розрахунків по осьовим навантаженням і напруженням.

До наукової новизни слід віднести відсутність методів, моделей і алгоритмів при виборі і розробці раціональних схем розміщення трубної продукції на вантажних платформах автотранспортних засобів. Практична значимість полягає в тому, що впровадження більш раціональних схем розміщення трубної продукції дозволить підвищити продуктивність рухомого складу на 6-12% і практично повністю виключити псування товарного виду трубної продукції.

Ключові слова: трубна продукція; автотранспорт, схема розміщення; алгоритм

O. ZHYLINKOV, N. BEREZOVYI

CALCULATION ALGORITHM SCHEME OF PLACEMENT FOR PIPE PRODUCTS OF VARIOUS VARIETY IN THE BODY OF MOTOR VEHICLES

The article deals with topical issues of rational placement of cargo on rolling stock in the system of car transportation of pipe rolled products. The aim of the study is to develop an algorithm for calculating the layout of pipe products of various sizes in the bodywork of vehicles, taking into account the properties of the cargo, rolling stock parameters and traffic conditions. Given the detailed characteristics of the cargo carried by range, weight, dimensions of packages. The analysis of the parameters of the rolling stock and transport conditions.

The development is based on individual methods and methods of standards, guidelines, codes, rules of transportation, rules for securing cargoes operating in European countries. It has been established that in the countries of the European Union there is still no uniform methodology for placing and securing goods in the backs of vehicles. Issues of placement and mounting of pipe products of various sizes and sizes on the cargo platforms of vehicles in the literature are not considered.

The developed algorithm is a set of actions for the selection, calculation and verification of various parameters of the pipe placement (loading) scheme. The algorithm includes several blocks, each of which corresponds to a separate operation or group of operations. The main stages of development are: formation of a package of pipe products, determination of the size of the cargo cross section according to the criterion of maximum load capacity, calculations of axial loads, inertial forces acting on the vehicle, friction forces, pretension forces, selection and calculation of the number of funds fasteners and props. During the development, a number of verification calculations are also performed for axial loads and stresses.

The scientific novelty should include the lack of methods, models and algorithms in the selection and development of rational schemes for the placement of tubular products on cargo platforms of motor vehicles. The practical significance lies in the fact that the introduction of more rational schemes for the placement of pipe products will increase the productivity of rolling stock by 6-12% and almost completely eliminate the damage to the commercial appearance of pipe products.

Keywords: pipe products; motor transport; layout; algorithm