

Economic Commission for Europe

Inland Transport Committee

Working Party on the Transport of Dangerous Goods

23 July 2012

**Joint Meeting of the RID Committee of Experts and the
Working Party on the Transport of Dangerous Goods**

Geneva, 17-21 September 2012

Item 5(b) of the provisional agenda

**Proposals for amendments to RID/ADR/ADN:
new proposals**







**BUREAU
VERITAS
UKRAINE**

ODESSA OFFICE

Our Ref.: 0328/2010/ODS

29.10.2010

Nb. of pages: 1

TO: UCDCB "STAPEL" ATT. Mr. I. KARPENKO

C.C.:

FROM: BUREAU VERITAS ODESSA, Mr. E.Kuznetsov

SUBJECT: FLEXIBLE CONTAINER FC-14-10 STABILITY CALCULATION UNDER
TRANSPORTATION CONDITION

Dear Sir,

Please find attached herewith approved without remarks "FLEXIBLE CONTAINER FC-14-10 STABILITY CALCULATION UNDER TRANSPORTATION CONDITION" carried out as to requirements EN 12195-1: 2003

Enclosure: Calculation U 1409:10 – 25 pages.

Best Regards,

Marine Manager for
Bureau Veritas Ukraine

E.Kuznetsov



Kulikovo pole, 1. 4th floor, app .433

Odessa 65079 UKRAINE

e-mail: office@bvodessa.com.ua

Tel.(0482) 343832; 344293;

(048) 7286010; (048)7286011

Fax.(0482) 7287486



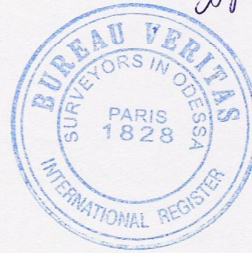
Украинское центральное проектно-конструкторское бюро «Стапель»

Ukraine Central Design & Construction Bureau «STAPEL»

www.stapel-ukraine.com

Одобрено:

Аррешто:



1 Е. Козмачев
29/10/2010.

**РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ МЯГКОГО КОНТЕЙНЕРА
МК-14-10 ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ
FLEXIBLE CONTAINER FC-14-10 STABILITY
CALCULATION UNDER TRANSPORTATION CONDITION**

UCDCB «STAPEL»
L.Tolsoy str.,
Odessa, Ukraine
phone +38 (048) 7771539
fax (0482) 333 888
info@stapel-ukraine.com

УЦПКБ «Стапель»
Украина, г.Одесса,
ул.Л.Толстого,6
тел +38 (048) 7771539
факс (0482) 333 888
info@stapel-ukraine.com



1	Характеристики мягкого контейнера (МК) и условий эксплуатации / Flexible container (FC) characteristics and operation conditions /	3
2	Обоснование расчетных схем и методов анализа / Grounding of calculated schemes and methods /	4
2.1	Символы, единицы измерения и понятия / Symbols, units Notation conceptions /	4
2.2	Параметры ускорений / Acceleration parameters /	5
3	Метод расчёта креплений / Lashing device characteristics calculation method/	7
3.1	Общие положения / General /	7
3.2	Определение расчётных параметров / Definition of calculated parameters /	8
4	Расчет устойчивости незакрепленных грузов / Calculation of the stability of non-lashing cargo /	11
4.1	Блокирующее устройство / blocking device /	12
4.2	Поперечное крепление грузов / Transverse lashing of the cargo /	12
5	Прямое крепление / Direct lashing /	15
5.1	Расчет устойчивости незакрепленного груза МК-14-10 / Non-lashed cargo FC-14-10 stability calculation /	16
6	Расчет блокирующей силы для фиксации незакрепленных устойчивых грузов / Blocking force calculation in case of non-lashed stable cargo fixing /	19
7	Расчет поперечного крепления МК-14-10 при перевозке автомобильным транспортом / FC-14-10 Transverse Lashing calculation in case of road transportation /	20
8	Расчет диагонального симметричного крепления МК-14-10 при перевозке морским транспортом / FC-14-10 diagonal Lashing calculation in case of sea transportation /	23
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ / GENERAL CONCLUSION /		24
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ / USED TECHNICAL DOCUMENTATION /		25

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ МЯГКОГО КОНТЕЙНЕРА (МК) И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

/ FLEXIBLE CONTAINER (FC) CHARACTERISTICS AND OPERATION CONDITIONS /

Специализированные мягкие контейнеры МК-14-10 предназначены для перевозки сыпучих продуктов всеми видами транспорта при температуре окружающей среды от -50°C до +60°C, а также временного хранения на площадках накопления грузов и в складских условиях.

Габаритные размеры МК-14-10:

- диаметр 2400±50 мм;
- высота 2500±50 мм;
- масса порожнего контейнера – не более 70 кг;
- масса груза (нетто) – не более 14000 кг.

Контейнер МК-14-10 состоит из вкладыша, изготовленного из плотной полиэфирной ткани, прорезиненной с двух сторон, и каркасной сетки – из полиэфирных лент, силовые стыки которых сострачиваются швейными полиэфирными (лавсановыми) нитками. Всю силовую нагрузку несет каркасная сетка.

Конструкция контейнера, используемые материалы, прочность швейных ниток и тип шва должны обеспечивать коэффициент безопасности не менее 6:1 при пяти-шестикратном использовании при грузоподъемности 14 тонн и 8:1 – при многократном (более 6-ти), что должно подтверждаться испытаниями (см. п.1.2.4 ТУ-2207-001-56579756-06).

Эксплуатация МК-14-10 должна осуществляться в соответствии с Руководством по эксплуатации 26469РЭ, а также Правилами перевозок грузов железнодорожным транспортом, Техническими условиями размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах МПС России 97052003, №ЦМ-943.

Specialized flexible containers FC-14-10 are intended for transportation of all types of friable products by all kind of transport at an ambient temperature from - 50°C up to +60°C, and also time storage on platforms of accumulation of cargoes and under warehouse conditions.

FC-14-10 overall dimensions:

- diameter 2400±50 mm;
- height 2500±50 mm;
- empty container mass - not more than 70 kg;
- cargo capacity (net) - not more than 14000 kg.

Container FC-14-10 consists of the shell made by a dense polyester fabric rubberized from both sides, and a frame grid made by polyester tapes. Their forced joints are sewed by polyester (lavan) threads. All kinds of a load are supported by a frame grid only.

The container structure, used materials, durability of sewing strings and type of a seam should provide factor of safety not less 6:1 at quintuple or sextuple usage at carrying capacity of 14 tons and 8:1 - at multiple usage (more than sextuple), that should proved by true tests (see item 1.2.4 ТУ-2207-001-56579756-06).

Operation МК-14-10 should be carried out in accordance with the Operation Manual 26469OM, and also Rules of cargoes transportation by rail, technical regulations on accommodation and securing of cargoes in railcars and containers of Ministry of Railways of Russia 97052003, №ЦМ-943.

2 ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ И МЕТОДОВ АНАЛИЗА / GROUNDING OF CALCULATED SCHEMES AND METHODS /

2.1 СИМВОЛЫ, ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ПОНЯТИЯ / SYMBOLS, UNITS NOTATION CONCEPTIONS /

Таблица 1
Table 1

BC	Блокирующая сила, кН	Blocking force, kN
FB	Фактическая блокирующая сила, кН	Actual blocking force, kN
FR	Поддерживающее усилие для крепёжного средства, кН	Lashing device supporting force, kN
FT	Сила предварительного натяжения крепёжного средства кН	Pretension force, kN
Fx	Продольная сила, действующая на груз, кН	Longitudinal force acting on a cargo, kN
Fy	Сила, действующая на груз в поперечном направлении, кН	Transverse force acting on a cargo, kN
Fz	Вертикальная сила, действующая на груз кН	Vertical force acting on a cargo, kN
FF	Сила трения, кН	Friction force, kN
FFM	Сила трения как результат действия вертикальной силы Fz, кН	Friction force as a result of vertical force Fz action, kN
FR	Сила трения как результат действия поддерживающей силы FR, кН	Friction force as a result of supporting force FR action, kN
FFT	Сила трения как результат действия силы предварительного натяжения FT, кН	Friction force as a result of pretension force FT action, kN
LC	Сила крепления, кН	Lashing force, kN
S _{TF}	Стандартная сила предварительного натяжения, кН	Standard pretension force, kN
a	Ускорение, м/с ²	Acceleration, m/s ²
b	Плечо вертикального момента, м	Vertical moment arm, m
c	Коэффициент ускорения	Acceleration coefficient
d	Плечо опрокидывающего момента, м	Tipping moment arm, m
h	Плечо крепёжного момента, м	Lashing forces moment arm, m
g	Ускорение свободного падения g = 9,806 65 м/с ²	Gravity acceleration g = 9,806 65 m/s ²
k	Редукционный коэффициент	Reduction factor
m	Масса груза, т (1000 кг)	Cargo mass, t (1000 kg)
n	Количество крепёжных средств	Lashings number
w	Ширина груза м	Breadth of the cargo
α	Вертикальный угол, град	Vertical angle, deg
β _x	Горизонтальный угол в продольном направлении, град	Horizontal angle in longitudinal direction, deg
β _y	Горизонтальный угол в поперечном направлении, град	Horizontal angle in transverse direction, deg
μ _s	Коэффициент трения скольжения	Sliding friction coefficient
μ _D	Динамический коэффициент трения	Dynamic friction coefficient

2.2 ПАРАМЕТРЫ УСКОРЕНИЙ / ACCELERATION PARAMETERS /

В таблицах 2, 3 и 4 приведены максимальные значения коэффициентов ускорения, которые должны приниматься при погрузке груза на транспортное средство для соответствующего типа транспортировки [1].

Эти значения соответствуют требованиям IMO/OLP/UN/EWG для грузового транспорта (CTUs), однако, с помощью введения коэффициента μ_D создаются более безопасные условия транспортировки.

Динамические нагрузки и удары, которым груз может подвергаться за короткий промежуток времени, компенсируются за счёт эластичности крепёжного средства и системы демпфирования ударов, имеющейся на грузовике и прицепе.

Поскольку нагрузка увеличивается незначительно, её можно пренебречь при условии соблюдения требований Европейского стандарта EN 12195-1.

Коэффициенты ускорения C_x, C_y, C_z для перевозок по автомобильным дорогам приведены в таблице 2.

Коэффициенты ускорения C_x, C_y, C_z при транспортировке железнодорожным транспортом приведены в таблице 3.

Коэффициенты ускорения C_x, C_y, C_z при транспортировке по морю приведены в таблице 4.

Maximum acceleration coefficients values are given in tables 2, 3 and 4. They should be taken into account when the cargo is loaded on a transport device for corresponding type of transportation [1].

Above values correspond to IMO/OLP/UN/EWG cargo transport requirements (CTUs). But we create more safe transport conditions inserting μ_D coefficient.

Dynamic loads and impacts acting on a cargo during short time period are compensated due to lashing device elasticity and car and trailer impact damping system.

Since load value is increased slightly, it is neglected in case if EN 12195-1 Standard requirements are satisfied.

Acceleration coefficients C_x, C_y, C_z are given in table 2 in case of road transportation.

Acceleration coefficients C_x, C_y, C_z are given in table 3 in case of rail transportation.

Acceleration coefficients C_x, C_y, C_z are given in table 4 in case of sea transportation.

Таблица 2
Table 2

Направление крепления / Lashing direction	Коэффициенты ускорения / Acceleration coefficients				
	C_x – вдоль / longitudinal		C_y – поперек / transverse		C_z - вертикально вниз / downward vertically
	вперед / forward	назад / backward	Опрокидывание / Tipping	Сдвиг / Sliding	
продольное / longitudinal	0,8 ^a	0,5	-	-	1,0
поперечное / transverse	-	-	0,5	0,5+0,2 ^b	1,0
a	вместо IMO=1,0 для μ_s / instead of IMO=1,0 for μ_s				
b	+0,2 только для неустойчивых грузов / for unstable cargoes only				

Таблица 3

Table 3

Направление крепления / Lashing direc- tion	Коэффициенты ускорения / Acceleration coefficients				
	C _x – продольный / longitudinal		C _y – попереч- ный / trans- verse	C _z - минимальное значение вер- тикально вниз / minimal value downward vertically	
	Опрокидывание / Tipping	Сдвиг / Sliding		Опрокидывание / Tipping	Сдвиг / Sliding
продольное / longitudinal	0,6	1,0	-	1,0	1,0
поперечное / transverse	-	-	0,5	1,0	0,7

Таблица 4

Table 4

Акватория / Sea Area	Направление / Direction	Коэффициенты ускорения / Acceleration coefficients		
		C _x – вдоль / longitudinal	C _y – поперек / transverse	C _z - минимальное значе- ние вертикально вниз / minimal value downward vertically
А	продольное / longitudinal	0,3	-	0,5
	поперечное / transverse	-	0,5	1,0
В	продольное / longitudinal	0,3	-	0,3
	поперечное / transverse	-	0,7	1,0
С	продольное / longitudinal	0,4	-	0,2
	поперечное / transverse	-	0,8	1,0

ЗАМЕЧАНИЯ. См. предписания ИМО / NOTES. See IMO instructions
А Балтийское море / Baltic Sea
В южная часть Северного моря / Средиземное море / North Sea south area / Mediterranean Sea
С неограниченно / unlimited

3 МЕТОД РАСЧЁТА КРЕПЛЕНИЙ / LASHING DEVICE CHARACTERISTICS CALCULATION METHOD/

3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ / GENERAL /

В данном расчете используются следующие понятия, символы, единицы измерения и сокращения.

3.1.1 Устройство для крепления грузов

Системы и устройства для безопасной погрузки [1].

3.1.2 Крепёжное средство

Гибкое средство для погрузки на транспортное средство

3.1.3 Натяжное устройство

Механическое устройство для создания силы предварительного натяжения и удержания устройства для крепления груза (например, проскальзывающая храповая муфта, лебёдка, рукоятка для натяжения) [1].

3.1.4 Индикатор предварительного натяжения

Устройство для отображения силы, которую оказывают натяжные элементы на крепёжное средство и которая возникает при движении транспортного средства или при деформации площади погрузки [1].

3.1.5 Место крепления

Неподвижно закреплённая часть груза, например, транспортное кольцо, на котором крепится погрузочное предохранительное устройство.

3.1.6 Точка крепления

Крепёжное устройство на транспортном средстве, на котором непосредственно может закрепляться крепёжное средство; точка крепления может быть выполнена в виде рыма, крюка, ушка или крепёжной шины [1]

3.1.7 Стандартная сила предварительного натяжения STF

Сила, которая остаётся после того, как рукоятка натяжного устройства отпускается.

3.1.8 Способ поперечного крепления груза

Способ крепления, при котором сила трения увеличивается за счёт того, что добавляется вертикальная составляющая силы по отношению к весу груза.

Following notations, symbols, units, and abbreviations are used hereinafter.

3.1.1 Cargo securing equipment

Systems and equipments for safety loading [1].

3.1.2 Lashing device

Flexible device for loading of the cargo on vehicle

3.1.3 Pretension device

Mechanical device for lashing device pretension and holding (for example, sliding ratchet coupling, winch, tension hand grip) [1].

3.1.4 Pretension indicator

Device indicated lashing device force due to tension elements during vehicle movement or when loading area is deformed [1].

3.1.5 Attachment point

Cargo fixed part, for example transport ring for loading safeguarding device attaching.

3.1.6 Lashing point

The fixing device on a vehicle used for cargo lashing device direct joint. It looks as a ring, a hook, eye or the fixing bus.

3.1.7 Standard pretension force STF

Residual force arisen, when tension lever becomes free.

3.1.8 Cargo transverse lashing method

Method of lashing when friction force arisen due additional vertical components regarding cargo weight

3.1.9 Способ прямого крепления груза

Способ крепления, при котором крепёжное средство крепится непосредственно на неподвижной части груза или в предусмотренных для этой цели точках крепления.

3.1.9 Cargo direct lashing method

Method of lashing when lashing device joints to fixed part of the cargo or to specified lashing points.

3.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ / DEFINITION OF CALCULATED PARAMETERS /

3.2.1 Масса груза m

Масса, которую следует закрепить

3.2.1 Cargo mass m

Lashed mass

3.2.2 Ускорение груза a

Максимальное ускорение груза для данного способа транспортировки.

3.2.2 Cargo acceleration a

Maximum acceleration for a given kind of transportation.

3.2.3 Коэффициент ускорения C

Коэффициент, который следует умножить на значение ускорения свободного падения g , ускорение $a = C g$ груза получают для данного вида транспорта.

3.2.3 Acceleration coefficient C

It should be multiplied on gravity acceleration g to obtain cargo acceleration $a = C g$ for a given type of transport.

3.2.4 Продольное усилие груза F_x

Сила инерции, которая возникает при движении транспортного средства, направлена вдоль продольной оси (x -ось) и действует на груз ($F_x = m c_x g$).

3.2.4 Longitudinal force acting on the cargo F_x

Inertia force acting on the cargo ($F_x = m C_x g$) along (x -axis) due to vehicle movement.

3.2.5 Сила, действующая на груз в поперечном направлении F_y

Сила инерции, которая возникает при движении транспортного средства и которая направлена по оси (y -ось) и действует на груз ($F_y = m C_y g$).

3.2.5 Transverse force acting on the cargo F_y

Inertia force acting on the cargo ($F_y = m C_y g$) along (y -axis) due to vehicle movement.

3.2.6 Вертикальная сила груза F_z

Сумма сил, которая определяется силой тяжести груза и силой инерции и которая возникает при движении транспортного средства и направлена вдоль вертикальной оси транспортного средства (z -ось) и действует на груз ($F_z = m c_z g$).

3.2.6 Vertical force acting on the cargo F_z

Total sum of vertical forces ($F_z = m C_z g$) determined by cargo weight force and inertia force acting on a cargo along vehicle vertical axis (z -axis).

3.2.7 Коэффициент трения скольжения μ_s

Коэффициент трения между грузом и поверхностью соприкосновения.

3.2.7 Sliding friction coefficient μ_s

Coefficient of friction between cargo and contact area.

3.2.8 Динамический коэффициент трения μ_D

Коэффициент трения между грузом и поверхностью, на которой он находится, во время движения груза

3.2.8 Dynamic friction coefficient μ_D

Coefficient of friction between moving cargo and contact area.

3.2.9 Сила трения FF

Сила, которая возникает в результате трения между грузом и поверхностью погрузки,

3.2.9 Friction force FF

The force acting in opposite to cargo movement direction due to friction between cargo

и которая действует в направлении, противоположном направлению движению груза

3.2.10 Фактическая блокирующая сила FB

Сила, которая действует на блокирующее устройство в определённом направлении

3.2.11 Блокирующая сила BC

Максимальная сила, которую можно прикладывать к блокирующему устройству в определённом направлении

3.2.12 Количество n

Количество крепёжных средств.

3.2.13 Сила предварительного натяжения крепёжного средства FT

Сила натяжения, которая возникает в крепёжном средстве при натяжении с помощью натягивающего устройства.

3.2.14 Коэффициент k

Коэффициент, который учитывает потерю силы предварительного натяжения из-за трения между крепёжным средством и грузом.

3.2.15 Поддерживающая сила для крепёжного средства FR

Сила, которая действует на крепёжное средство при движении транспортного средства

3.2.16 Сила крепления LC

Максимальная сила при прямом натяжении, которую испытывает крепёжное средство.

3.2.17 Вертикальный угол α

Угол между крепёжным средством и поверхностью, на которой он располагается в транспортном средстве.

3.2.18 Горизонтальный угол в продольном направлении β_x

Угол между крепёжным средством и продольной осью (x-ось) транспортного средства в плоскости погрузки.

3.2.19 Горизонтальный угол в поперечном направлении β_y

Угол между крепёжным средством и поперечной осью (y-ось) транспортного средства в плоскости погрузки

Общим требованием для безопасной транспортировки МК является соблюдение условий равновесия:

and loading area surface.

3.2.10 Actual blocking force FB

The force acting on blocking device in specified direction.

3.2.11 Blocking force BC

Maximal force determined blocking device bearing strength in specified direction.

3.2.12 Number n

Number of lashings.

3.2.13 Pretension force of the lashing device FT

Lashing device force due to tensioning device acting.

3.2.14 Factor k

Factor takes into account pretension force reduction due to friction between cargo and lashings.

3.2.15 Lashing device supporting force FR

The force acting on lashing device when vehicle moving.

3.2.16 Lashing force LC

The lashing device maximal force under direct tensioning condition.

3.2.17 Vertical angle α

The angle between lashing device and attached vehicle surface.

3.2.18 Horizontal angle in longitudinal direction β_x

The angle between lashing device and vehicle longitudinal axis (x-axis) measured in loading area plane.

3.2.19 Horizontal angle in transverse direction β_y

The angle between lashing device and vehicle transverse axis (y-axis) measured in loading area plane.

Following equilibrium conditions should be complied to provide main requirements of the FC safety transportation:

- главный вектор всех сил должен равняться нулю;
- главный момент всех сил должен равняться нулю.

Крепёжные ремни по EN 12195-2, цепные стропы по EN 12195-3 и стальные тросы по EN 12195-4 должны выдерживать силы, которые могут воздействовать на МК во время транспортировки, а также моменты в продольном, поперечном и вертикальном направлениях.

В общем случае крепление грузов выполняется для того, чтобы, используя анкерные болты, блокирующие устройства и/или фиксаторы, удерживать груз в состоянии равновесия. Крепление анкерными болтами, соединение с полным геометрическим замыканием, применяется, главным образом, при транспортировке контейнеров, и обычно не комбинируется с крепёжными средствами. В то же время, блокирующие устройства часто применяются вместе с крепёжными средствами.

Существуют два типа крепления:

- поперечное крепление грузов, которое характеризуется тем, что груз удерживается с помощью силы, направленной вертикально вниз, на опорную площадь груза;
- прямое крепление натяжными ремнями – прямое соединение груза с кузовом автомобиля, при этом допускаются небольшие перемещения груза, величина которых зависит от эластичности крепёжных средств и сил, действующих на груз.

- resultant vector of all forces acting on a cargo should be equal zero;
- resultant vector of all force moments acting on a cargo should be equal zero.

Lashing belts according to EN 12195-2, chains according to EN 12195-3 and wire ropes according to EN 12195-4 should withstand forces and moments acting on a FC in longitudinal, transverse and vertical directions during transportation.

In general case should be done to provide cargo equilibrium using anchor bolts, blocking devices and/or locking devices. Lashing by anchor bolts with full geometrical closure is applied to container transportation mainly and not combined with other lashings. Blocking devices often used together with other lashings.

There are two types of lashing

- transverse cargo lashing when cargo holds due to force acting on cargo bearing area vertically downward;
- direct cargo lashing with vehicle body by tensioning belts. Thus some small cargo shiftings are permitted. They are determined by lashing devices elasticity and values of forces acting on a cargo.

4 РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЗАКРЕПЛЁННЫХ ГРУЗОВ / CALCULATION OF THE STABILITY OF NON-LASHING CARGO /

Устойчивость незакреплённого груза определяется как в продольном направлении (по оси x), так и в поперечном направлении (по оси y).

Используя обозначения на рисунке 1, можно записать условие устойчивости груза следующим образом:

Stability assessment of a non-lashed cargo should be done in both directions: longitudinal (along x -axis) and transverse (along y -axis)

Stability conditions are written by following manner using designations defined on figure 1:

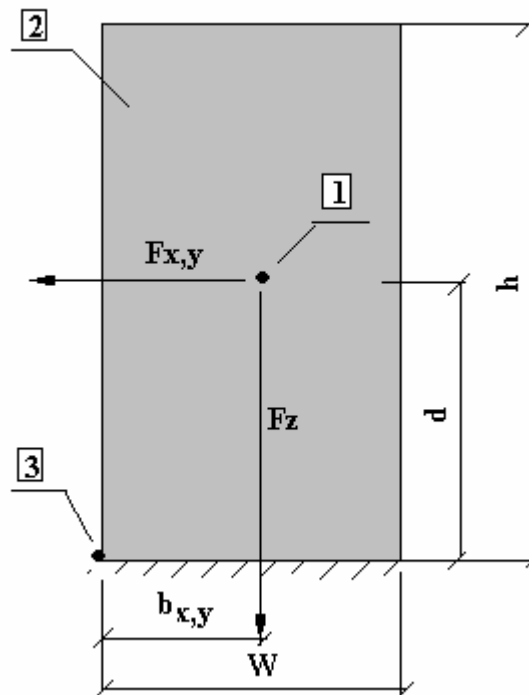
$$F_z b_{x,y} < F_{x,y} d; \quad b_{x,y} < \frac{F_{x,y}}{F_z} d; \quad b_{x,y} < \frac{c_{x,y}}{c_z} d \quad (1)$$

Величины C_x , C_y , C_z – коэффициенты см. табл. 2, 3, 4.

Если условие (1) выполняется, груз считается устойчивым.

Values C_x , C_y , C_z are acceleration coefficients values (see tables 2, 3 and 4).

Cargo is considered as stable if conditions (1) are satisfied.



Условные обозначения: 1 - центр тяжести; 2 – груз; 3 - ось опрокидывания

Symbols: 1 - centre of gravity; 2 – cargo; 3 - tipping axis

Рис.1 Незакрепленный груз на опорной площадке

Fig. 1 Non-lashed cargo on a bearing area.

4.1 БЛОКИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО / BLOCKING DEVICE /

Условие равновесия в продольном и поперечном направлениях:

Equilibrium condition in longitudinal and transverse directions:

$$F_B + F_F = F_{x,y}; \quad F_B + \mu_D m c_z g = m c_{x,y} g; \quad F_B = (c_{x,y} - \mu_D c_z) m g \quad (2)$$

Блокирующая сила BC рассчитывается по следующей формуле (см. также рис. 2):

Blocking force is calculated by following formulae (see also fig. 2)

$$BC > (c_{x,y} - \mu_D c_z) m g, \quad (3)$$

где:

Where:

m - масса груза;

m – mass of the cargo;

g - ускорение свободного падения;

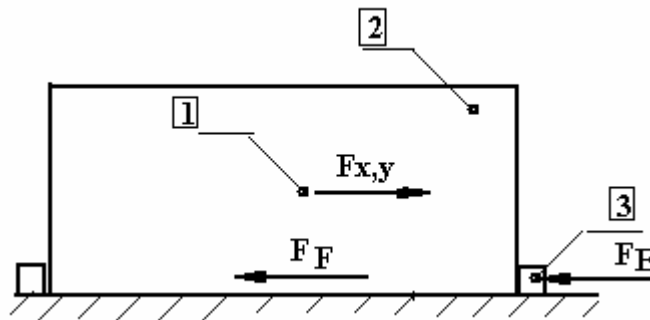
g - gravity acceleration;

μ_D - динамический коэффициент трения.

μ_D - dynamic friction coefficient.

Блокирующее устройство, установленное на площади погрузки, для фиксации незакрепленного груза, может использоваться только для устойчивых грузов.

Blocking device installed to non-lashed cargo fixing should be used in case of stable cargo only.



Условные обозначения: 1 - центр тяжести; 2 – груз; 3 - блокирующее устройство
 Symbols: 1 - centre of gravity; 2 – cargo; 3 - blocking device

Рис. 2 Крепление грузов с помощью блокирующего устройства
 Fig. 2 Cargo lashing by the blocking device

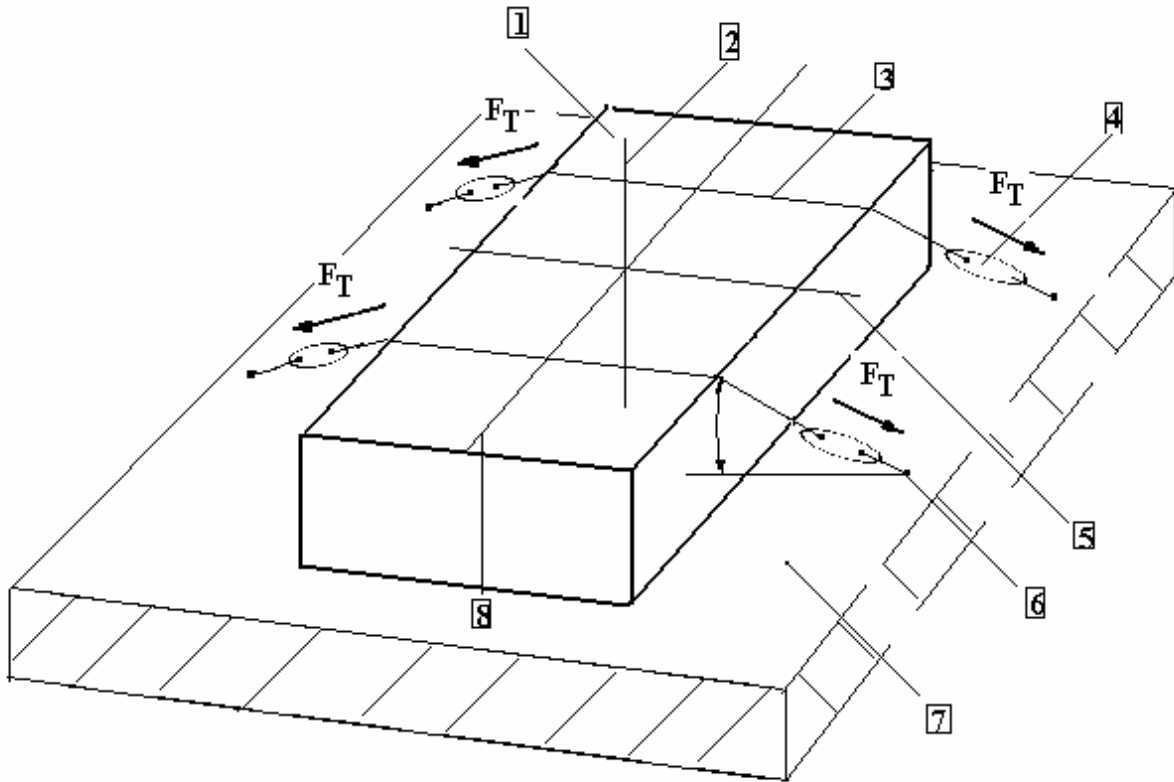
4.2 ПОПЕРЕЧНОЕ КРЕПЛЕНИЕ ГРУЗОВ / TRANSVERSE LASHING OF THE CARGO /

Предотвращение сдвига

Sliding prevention

При поперечном креплении груза, как показано на рис. 3, крепёжное средство предварительно натягивается с помощью силы предварительного натяжения таким образом, что сила трения поверхности соприкосновения увеличивается, и сдвиг груза предотвращается

In case of transverse cargo lashing, as shown on fig. 3, lashing device is stretched pretension force F_T . Thus friction force between cargo and contact surface is increased and sliding of the cargo is prevented.



Условные обозначения: 1 – груз; 2 – вертикальная ось; 3 – крепёжное средство; 4 – устройство для натяжения; 5 – поперечная ось; 6 – место крепления; 7 – горизонтальная поверхность; 8 – продольная ось.
 Symbols: 1 – cargo; 2 – vertical axis; 3 – lashing device; 4 – tensioning device; 5 – transverse axis; 6 – lashing point; 7 – horizontal surface; 8 – longitudinal axis.

Рис. 3 Поперечное крепление груза
 Fig. 3 Cargo transverse lashing

Условие равновесия сил в продольном и поперечном направлениях описывается следующим образом:

Forces equilibrium condition is described by following manner:

$$F_{FM} + F_{FT} > F_{x,y}; \quad \mu_D(mc_z g + nkF_T \sin \alpha) > mc_{x,y}g \tag{4}$$

Силу предварительного натяжения можно рассчитать по следующей формуле:

Pretension force is determined by following formulae:

$$nk\mu_D \sin \alpha F_T > (c_{x,y} - \mu_D c_z)mg; \quad F_T \geq \frac{(c_{x,y} - \mu_D c_z)mg}{nk\mu_D \sin \alpha} \tag{5}$$

Для расчёта числа крепёжных средств можно использовать следующую формулу:

Required lashings number is determined by following formulae:

$$n \geq \frac{(c_{x,y} - \mu_D c_z)mg}{k\mu_D \sin \alpha F_T}; \tag{6}$$

где α - вертикальный угол.

where α is a vertical angle.

Сила предварительного натяжения любого натяжного устройства должна находиться в следующем диапазоне значений:

Any lashing device pretension force value is limited by the following range:

$$0,1LC \leq F_T \leq 0,5LC$$

Если при поперечном креплении грузов используются блокирующие устройства, уравнения (4) и (5) приводят к следующему соотношению:

$$BC + nk\mu_D \sin \alpha F_T > (c_{x,y} - \mu_D c_z) mg ; \tag{7}$$

Предотвращение опрокидывания и сдвига

Неподвижный блок (см. рис.4) высотой h и шириной w крепится с помощью средств для поперечного крепления грузов, количество которых соответствует n, на поверхности, предназначенной для груза.

Центр массы блока совпадает с геометрическим центром блока (b, d).

Условие предотвращения опрокидывания, вытекающее из условия равновесия в этом случае следующее:

$$nF_T \geq \frac{1}{2} \frac{F_{x,y} h - F_z w}{(k-1)w \sin \alpha - (2-k)h \cos \alpha} , \tag{8}$$

где $F_{x,y} = mc_{x,y}g$, $F_z = mc_zg$

Нижнюю границу силы F_T для выполнения условия против опрокидывания груза можно рассчитать по следующей формуле:

$$nF_T \geq \frac{1}{2} \frac{mg(c_{x,y}h - c_z w)}{(k-1)w \sin \alpha - (2-k)h \cos \alpha} , \tag{9}$$

которую можно использовать для записи условия отсутствия сдвига груза.

If in case of transverse cargo lashing blocking devices are used, equations (4) and (5) are led to following relationship:

Tipping and sliding prevention

Fixed block (see fig. 4) with height h and width w is lashed on cargo loading area by transverse lashings. Lashings number is n.

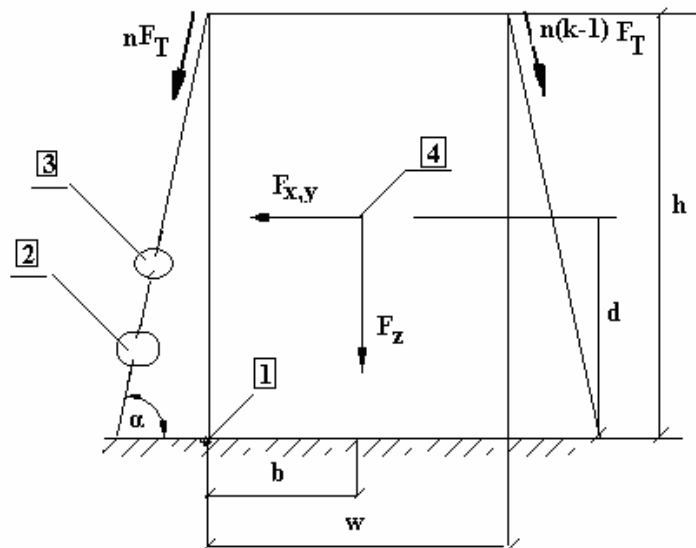
Centre gravity of the block coincides with block geometry centre (b, d).

Tipping prevention condition as a result of cargo equilibrium conditions is following:

where $F_{x,y} = mc_{x,y}g$, $F_z = mc_zg$

Lower threshold of the force F_T from the cargo tipping prevention point of view is calculated by following formulae:

Cargo sliding prevention condition may be formulated using formulae above.



Условные обозначения: 1 – ось опрокидывания; 2 – индикатор предварительного натяжения; 3 – натяжное устройство; 4 – центр тяжести.
 Symbols: 1 – tipping axis; 2 – pretension indicator; 3 – tensioning device; 4 – centre of gravity.

Рис. 4 Поперечное крепление груза для предотвращения опрокидывания и сдвига

Fig. 4 Transverse cargo lashing against tipping and sliding

5 ПРЯМОЕ КРЕПЛЕНИЕ / DIRECT LASHING /

При прямом креплении груз крепится непосредственно на транспортном средстве. Крепление считается прямым, если выполняются следующие условия:

- крепления, выполненные под углом и по диагонали, соединяются непосредственно с транспортным средством и грузом;
- крепления в виде кольца и с помощью петли, закреплённой в верхней части груза, соединяются непосредственно только с транспортным средством.

В зависимости от направления перемещения груза в некоторых крепёжных средствах образуются удерживающие силы F_R .

Имеются следующие виды прямого крепления груза:

- крепление, которое располагается под углом в продольном и поперечном направлениях;
- крепление по диагонали (рис. 5);
- крепление в виде кольца;
- крепление с помощью петли в верхней части груза.

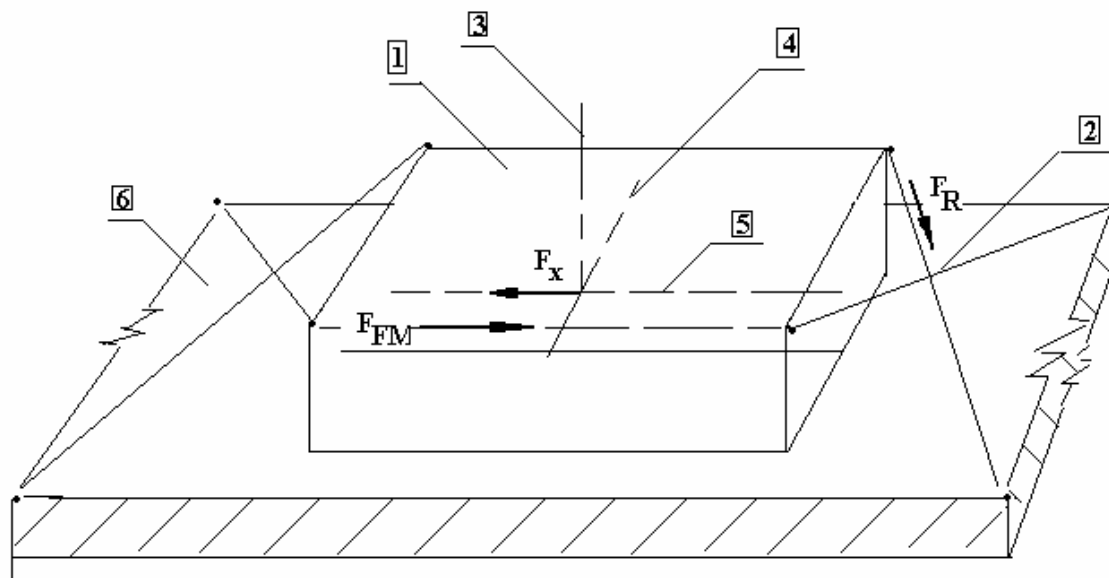
In case of direct lashing cargo is lashed straightly on vehicle. Lashing is considered as direct if following conditions are satisfied:

- tilted and diagonal lashings are directly attached to cargo and vehicle body;
- ring-like and top-over loop lashings are directly attached to vehicle body only.

Supporting forces F_R are acting in some lashing devices depending of cargo shifting directions.

There are direct cargo lashing of following types:

- lashings tilted relative to longitudinal and transverse directions;
- diagonal cargo lashing (see fig. 5);
- ring-like lashing;
- lashing by cargo top-over loop.



Условные обозначения: 1 – груз; 2 – крепёжное средство; 3 – вертикальная ось;
4 – поперечная ось; 5 – продольная ось; 6 – поверхность погрузки.

Symbols: 1 – cargo; 2 – lashing device; 3 – vertical axis; 4 – transverse axis;
5 – longitudinal axis; 6 – loaded area.

Рис. 5 Крепление груза по диагонали

Fig. 5 Cargo diagonal lashing

Условие равновесия груза в продольном и поперечном направлениях записывается в виде:

Equilibrium cargo condition is presented by following form in longitudinal and transverse directions:

$$2F_{Rx,y} + F_{FM} + F_{FR} = F_{x,y};$$

$$2 \cos \alpha \cos \beta_{x,v} F_R + \mu_D (m c_z g + 2 \sin \alpha F_R) = m C_{x,v} g; \quad (10)$$

$$2(\cos \alpha \cos \beta_{x,v} + \mu_D \sin \alpha) F_R = (C_{x,y} - \mu_D C_z) m g,$$

где

where:

m - масса груза;

m – cargo mass;

g - ускорение свободного падения;

g - gravity acceleration;

C_x, C_y и C_z - параметры ускорения;

C_x, C_y и C_z - acceleration parameters;

μ_D - динамический коэффициент трения согласно приложению В [1];

μ_D - dynamic friction coefficient according Addendum B [1];

k - по 6.2;

k – according 6.2;

α - вертикальный угол;

α - vertical angle;

β_x - угол в горизонтальной плоскости в продольном направлении;

β_x - horizontal angle in longitudinal direction;

β_y - угол в горизонтальной плоскости в поперечном направлении.

β_y - horizontal angle in transverse direction.

ЗАМЕЧАНИЕ. Крепёжное средство следует предварительно натянуть вручную.

NOTE. Lashing device should be tensioned preliminary by hand.

Сила крепления LC рассчитывается по следующей формуле

Lashing force LC is calculated by following formulae:

$$2(\cos \alpha \cos \beta_{x,v} + \mu_D \sin \alpha) LC > (C_{x,y} - \mu_D C_z) m g \quad (11)$$

Блокирующая сила BC при креплении неустойчивого груза по диагонали, с учётом применения блокирующих устройств в одном из аксиальных направлений, рассчитывается по следующей формуле:

Blocking force BC of unstable cargo diagonal lashing is calculated by following formulae taking into account usage of the blocking device in one of specified directions:

$$BC > \frac{h-d-b}{h} (C_{x,y} - \mu_D C_z) m g \quad (12)$$

Размеры h, d, b см. рис. 1.

Dimensions h, d, b see fig.1.

5.1 РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЗАКРЕПЛЕННОГО ГРУЗА МК-14-10 / NON-LASHED CARGO FC-14-10 STABILITY CALCULATION /

Условие устойчивости незакрепленного груза (1)

Non-lashed cargo stability conditions (1)

$$F_z b_{x,y} < F_{x,y} d; \quad b_{x,y} < \frac{F_{x,y}}{F_z} d; \quad b_{x,y} < \frac{c_{x,y}}{c_z} d$$

Считаем груз массой 14000 кг однородным.

Cargo with mass of 14000 kg is considered as homogeneous.

$b_{x,y}=1,2$ м, $d=1,25$ м, $F_z=149,8$ кН

Условие устойчивости

 $b_{x,y}=1,2$ м, $d=1,25$ м, $F_z=149,8$ кН

Stability condition

$$b_{x,y} > \frac{C_{x,y}}{C_z} d$$

*При перевозке автомобильными дорогами**Road transportation*

нормативные коэффициенты ускорения (см. табл. 2)

standard acceleration coefficients see (Table 2)

- в продольном направлении $C_x = 0,8$ (вперед), $C_x = 0,5$ (назад);- longitudinal direction $C_x = 0,8$ (forward), $C_x = 0,5$ (backward);- в поперечном направлении $C_y = 0,5$;- transverse direction $C_y = 0,5$;- вертикально вниз $C_z = 1,0$.- vertically downward $C_z = 1,0$.в продольном направлении - вперед $1,2 > 0,8 * 1,25 / 1,0 = 1,0$

longitudinal direction (forward)

в продольном направлении - назад $1,2 > 0,5 * 1,25 / 1,0 = 0,625$

longitudinal direction (backward)

в поперечном направлении $1,2 > 0,5 * 1,25 / 1,0 = 0,625$

transverse direction

Условие устойчивости выполняется.

Stability conditions are fulfilled.

*При перевозке железнодорожным транспортом**Rail transportation*

нормативные коэффициенты ускорения (см. табл. 3)

standard acceleration coefficients (see Table 3)

- в продольном направлении $C_x = 0,6$ (опрокидывание), $C_x = 1,0$ (соскальзывание)- longitudinal direction $C_x = 0,6$ (tipping), $C_x = 1,0$ (sliding)- вертикально вниз $C_z = 1,0$ (опрокидывание), $C_z = 1,0$ (соскальзывание);- longitudinal direction $C_x = 0,6$ (tipping), $C_x = 1,0$ (sliding);- в поперечном направлении $C_y = 0,5$;- transverse direction $C_y = 0,5$;- вертикально вниз $C_z = 1,0$ (опрокидывание), $C_z = 0,7$ (соскальзывание)- vertically downward $C_z = 1,0$ (tipping), $C_z = 0,7$ (sliding).

Проверка устойчивости в продольном направлении

Checking of the cargo stability in longitudinal direction

опрокидывание $1,2 > 0,6 * 1,25 / 1,0 = 0,75$

tipping

сдвиг $1,2 < 1,0 * 1,25 / 1,0 = 1,25$

sliding

условие устойчивости не выполняется

Проверка устойчивости в поперечном направлении

Stability checking in transverse direction

опрокидывание $1,2 > 0,5 * 1,25 / 1,0 = 0,625$

tipping

сдвиг $1,2 > 0,5 * 1,25 / 0,7 = 0,89$

sliding

*При перевозке по морю**Sea transportation*

нормативные коэффициенты ускорения для Средиземного моря (см. табл.4):

standard acceleration coefficients under Mediterranean Sea condition (see Table 4):

- в продольном направлении $C_x = 0,4$, $C_z = 0,2$;- longitudinal direction $C_x = 0,4$, $C_z = 0,2$;- в поперечном направлении $C_y = 0,8$; $C_z = 1,0$.- transverse direction $C_y = 0,8$; $C_z = 1,0$.

Проверка устойчивости:

Stability checking:

- в продольном направлении

- longitudinal direction

$1,2 < 0,4 * 1,25 / 0,2 = 2,5$ - условие устойчивости не выполняется

- в поперечном направлении

$1,2 > 0,8 * 1,25 / 1,0 = 1,2$ - условие устойчивости выполняется.

Выводы

1. При перевозке автомобильными дорогами однородного груза в контейнерах МК-14-10 груз является устойчивым во всех случаях.
2. При перевозке железнодорожным транспортом однородного груза в контейнере МК-14-10 условие устойчивости груза (1) в продольном направлении (сдвиг) не выполняется. Необходимо крепление груза (см. п. 2.1 настоящего раздела)
3. При перевозке железнодорожным транспортом однородного груза в контейнере МК-14-10 условие устойчивости груза (1) в продольном направлении (опрокидывание) выполняется.
4. При перевозке железнодорожным транспортом однородного груза в контейнере МК-14-10 условие устойчивости груза (1) в поперечном направлении (сдвиг, опрокидывание) выполняется.
5. При перевозке морем однородного груза в контейнерах МК-14-10 груз является неустойчивым лишь в продольном направлении.

$1,2 < 0,4 * 1,25 / 0,2 = 2,5$ - stability conditions not satisfied

- transverse direction

$1,2 > 0,8 * 1,25 / 1,0 = 1,2$ - stability conditions are fulfilled.

Conclusions

1. Flexible containers FC-14-10 with homogeneous cargo are stable in all cases during road transportation
2. Flexible containers FC-14-10 with homogeneous cargo are unstable in longitudinal direction (sliding) in case of rail transportation. Stability condition (1) is not satisfied. Lashings are needed (see item 2.1 of a current paragraph)
3. Flexible containers FC-14-10 with homogeneous cargo are unstable in longitudinal direction (tipping) in case of rail transportation. Stability condition (1) is fulfilled.
4. Flexible containers FC-14-10 with homogeneous cargo are stable in transverse direction (sliding and tipping) in case of rail transportation. Stability condition (1) is fulfilled.
5. Flexible containers FC-14-10 with homogeneous cargo are unstable in longitudinal direction only during sea transportation.

6 РАСЧЕТ БЛОКИРУЮЩЕЙ СИЛЫ ДЛЯ ФИКСАЦИИ НЕЗАКРЕПЛЁННЫХ УСТОЙЧИВЫХ ГРУЗОВ / BLOCKING FORCE CALCULATION IN CASE OF NON-LASHED STABLE CARGO FIXING /

Блокирующая сила ВС незакрепленного груза рассчитывается по следующей формуле (2):

Blocking force BC for non-lashed cargo is calculated by following formulae (2):

$$BC > (C_{x,y} - \mu_D C_z) mg ,$$

где $\mu_D = 0,25$ (европоддоны - дерево [1])

where $\mu_D = 0,25$ (Europallets – wood [1])

- для железнодорожного транспорта (сдвиг в продольном направлении)

- for rail transport (sliding in longitudinal direction)

$C_x = 1,0$; $C_z = 1,0$;

$C_x = 1,0$; $C_z = 1,0$;

$BC = (1,0 - 0,25 * 1,0) * 14 = 10,5$ кН

$BC = (1,0 - 0,25 * 1,0) * 14 = 10,5$ кН

- для перевозки морем (в продольном направлении)

- for sea transport (longitudinal direction)

$C_x = 0,4$; $C_z = 0,2$;

$C_x = 0,4$; $C_z = 0,2$;

$BC = (0,4 - 0,20 * 1,0) * 14 = 2,8$ кН

$BC = (0,4 - 0,20 * 1,0) * 14 = 2,8$ кН

**7 РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОГО КРЕПЛЕНИЯ МК-14-10 ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ
/ FC-14-10 TRANSVERSE LASHING CALCULATION IN CASE OF ROAD TRANSPORTATION /**



Ширина грузовой площадки прицепа 2,5 м

Груз в МК:

Масса $m = 14$ т

Ширина: 2,4 м

Высота: 2,5 м

Длина: 2,4 м

Крепёжное средство:

Сила крепления LC = 30 кН,

STF = 6,25 кН = 625 даН

Каждое крепёжное средство имеет одно устройство и индикатор предварительного натяжения, поэтому коэффициент $k = 1,5$ [1].

Определение количества крепежных средств выполняется по формуле (6)

$$n \geq \frac{(C_{x,y} - \mu_D C_z)mg}{k\mu_D \sin \alpha F_T} = \frac{(0,8 - 0,3 \times 1) \times 14}{1,5 \times 0,3 \times 0,985 \times 15} = 1,05,$$

где

$0,1LC \leq F_T \leq 0,5LC$ - сила предварительного натяжения.

Трение: Груз в МК, поверхность погрузки – профильный алюминий,

коэффициент трения $\mu_D = 0,3$ (см. [1]).

Вертикальный угол: $\alpha = 80^\circ$

Коэффициенты ускорения для транспортировки на автомобиле (см. табл. 2):

Коэффициент ускорения в продольном направлении:

$C_x = 0,8$

Коэффициент ускорения в вертикальном направлении:

$C_z = 1,0$

Вывод. Количество необходимых крепёжных средств при максимальном значении силы F_T для поперечного крепления груза $n = 2$, при этом каждое средство должно обеспечивать силу крепления LC = 30кН = 3000 даН.

Определение блокирующего усилия выполняется по формуле (7)

При наличии блокирующего устройства и минимального значения силы предварительного натяжения F_T определим требуемое значение блокирующего усилия

Trailer pad width 2,5 m

Cargo in FC

Mass $m = 14$ t

Width 2,4 m

Height 2,5 m

Length 2,4 m

Lashing device:

Lashing force LC = 30 kN,

STF = 6,25 kN = 625 daN

Each lashing device is supplied by tensioning device and pretension indicator, thus reduction coefficient is equal $k = 1,5$ [1].

Required lashings number is determined by formulae (6)

where

$0,1LC \leq F_T \leq 0,5LC$ - pretension force.

Friction: Cargo in FC, load pad material -

friction coefficient $\mu_D = 0,3$ (see [1]).

Vertical angle $\alpha = 80^\circ$

Acceleration coefficients in case of road transportation (see Table 2):

Longitudinal acceleration coefficient:

$C_x = 0,8$.

Vertical acceleration coefficient:

$C_z = 1,0$.

Conclusion. Required lashings number in case of transverse cargo lashing and maximal force F_T value $n = 2$. Each lashing device should withstand lashing force LC = 30кН = 3000 даН.

Blocking force is calculated by following formulae (7)

Required blocking force in case of minimal pretension force value F_T is determined by following manner:

$$BC + nk\mu_D \sin \alpha F_T > (C_{x,y} - \mu_D C_z)mg ,$$

откуда $BC = (0,8-0,3)*14-1,5*0,3*0,985*3=5,67$ кН.

Вывод. Количество необходимых крепежных средств при минимальном значении силы предварительного натяжения $n=1$, блокирующее усилие при этом $BC=5,67$ кН.

Thus $BC = (0,8-0,3)*14-1,5*0,3*0,985*3=5,67$ kN.

Conclusion. Required lashings number in case of minimal pretension force value $n = 1$. Blocking force is $BC=5,67$ kN.

8 РАСЧЕТ ДИАГОНАЛЬНОГО СИММЕТРИЧНОГО КРЕПЛЕНИЯ МК-14-10 ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ МОРСКИМ ТРАНСПОРТОМ / FC-14-10 DIAGONAL LASHING CALCULATION IN CASE OF SEA TRANSPORTATION /

При креплении по диагонали используются две пары крепёжных средств, которые располагаются под разными углами, поскольку помимо вертикального угла α в горизонтальной плоскости образуются углы β_x – в продольном направлении и β_y – в поперечном направлении (см. рис. 5). Таким образом, для того, чтобы полностью закрепить груз, можно использовать не 8, а 4 крепёжных средства.

Расчет выполняется по формулам (11),(12).

Сила крепления LC рассчитывается по следующей формуле:

$$2(\cos \alpha \cos \beta_{x,y} + \mu_D \sin \alpha)LC > (c_{x,y} - \mu_D c_z)mg ,$$

$\alpha=0^\circ$ - при параллельном прохождении крепёжных средств относительно плоскости грузовой площадки,

$\beta_{x,y} = 45^\circ$ - для симметричного крепления МК 10-14,

$C_x= 0,4$ (табл.4), $C_z= 0,2$ (продольное направление),

$C_y= 0,8$ (табл.4), $C_z= 1,0$ (поперечное направление),

$\mu_D = 0,3$ (см. [1]).

Two pairs lashing devices are used in case of diagonal cargo lashing. They are arranged with different angles because, besides vertical angle α , two angles in a horizontal plane are occurred - β_x in longitudinal direction and β_y in transverse direction (see fig. 5). Thus only 4 lashings are need. In case of other lashing tipe 8 lashings are need.

Calculations are performed by formulae (11), (12).

Lashing force LC is calculated by following formulae:

$\alpha=0^\circ$ when lashing devices are paralleled to load pad plane;

$\beta_{x,y} = 45^\circ$ in case of FC-14-10 symmetrical lashing;

$C_x= 0,4$ (see Table 4), $C_z= 0,2$ (longitudinal direction);

$C_y= 0,8$ (Table 4), $C_z= 1,0$ (transverse direction)

$\mu_D = 0,3$ (see [1]).

$$LC = \frac{(c_{x,y} - \mu_D c_z)mg}{2(\cos \alpha \cos \beta_{x,y} + \mu_D \sin \alpha)} ;$$

Сила крепления (поперечное направление) одного МК10-14, кН

Lashing force (transverse direction) of a single FC10-14, kN

$$LC = 0,5 \times (0,8 - 0,3) \times 14 / \sqrt{2} = 5$$

Суммарная сила крепления пакета из пяти мягких контейнеров, кН

Total lashing force of a block of five FC, kN

$$LC_5 = 5LC = 25$$

Ширина грузовой площадки трюма 12 м

Hold's load pad width is 12 m.

Груз в МК:

Cargo in FC:

Масса $m = 14$ т

Mass $m=14$ t.

Ширина: 2,4 м

Width 2,4 m.

Высота: 2,5 м

Height 2,5 m.

Длина: 2,4 м

Length 2,4 m.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ / GENERAL CONCLUSION /

1. Расчетный анализ устойчивости груза позволяет сделать следующее заключение:

1.1 При перевозке автомобильными дорогами однородного груза в контейнерах МК 10-14 груз является устойчивым для всех случаев.

1.2 При перевозке железнодорожным транспортом однородного груза в контейнере МК-14-10 условие устойчивости груза (1) в продольном направлении (сдвиг) не выполняется. Необходимо крепление груза (см. п. 2.1 настоящего раздела)

1.3 При перевозке железнодорожным транспортом однородного груза в контейнере МК-14-10 условие устойчивости груза (1) в продольном направлении (опрокидывание) выполняется.

1.4 При перевозке железнодорожным транспортом однородного груза в контейнере МК 10-14 условие устойчивости груза (1) в поперечном направлении (соскальзывание, опрокидывание) выполняется.

1.5 При перевозке морем однородного груза в контейнерах МК-14-10 груз является неустойчивым лишь в продольном направлении.

2. Расчет необходимой блокирующей силы неустойчивого груза:

2.1 для железнодорожного транспорта (сдвиг в продольном направлении) $BC=10,5$ кН.

2.2 для перевозки морем (в продольном направлении) $BC=2,8$ кН.

3. Расчет поперечного крепления МК-14-10 при перевозке автомобильным транспортом:

3.1 При перевозке однородного груза автомобильным транспортом количество необходимых крепёжных средств при максимальном значении силы F_T для поперечного крепления груза $n = 2$, при этом каждое средство должно обеспечивать силу крепления $LC = 30\text{kN} = 3000 \text{ daN}$.

3.2 Количество необходимых крепежных средств при минимальном значении силы предварительного натяжения $n=1$, блокирующее усилие при этом $BC=5,67$ кН.

1. Analysis of cargo stability calculations leads to following conclusions:

1.1 Flexible containers FC-14-10 with homogeneous cargo are stable in all cases of road transportation.

1.2 Flexible containers FC-14-10 with homogeneous cargo are unstable in longitudinal direction (sliding) in case of rail transportation. Stability condition (1) is not satisfied. Lashings are needed (see item 2.1 of a current paragraph)

1.3 Flexible containers FC-14-10 with homogeneous cargo are unstable in longitudinal direction (tipping) in case of rail transportation. Stability condition (1) is fulfilled.

1.4 Flexible containers FC-14-10 with homogeneous cargo are stable in transverse direction (sliding and tipping) in case of rail transportation. Stability condition (1) is fulfilled.

1.5 Flexible containers FC-14-10 with homogeneous cargo are unstable in longitudinal direction only in case of sea transportation.

2. Required blocking force calculation for unstable cargo

2.1 $BC=10,5$ kN during rail transportation (sliding in longitudinal direction).

2.2 $BC=2,8$ kN during sea transportation (in longitudinal direction).

3. FC-14-10 transverse lashing calculation during in case of road transportation

3.1 Required lashings number in case of transverse cargo lashing and maximal force F_T value $n = 2$ during road transportation. Each lashing device should withstand lashing force $LC = 30\text{kN} = 3000 \text{ daN}$.

3.2 Required lashings number in case of minimal pretension force value $n = 1$. Blocking force is $BC=5,67$ kN.

В качестве крепежного средства целесообразно использовать полиэфирные ленты, обеспечивающие нормативный коэффициент безопасности [1].

4. Расчет диагонального симметричного крепления МК-14-10 при перевозке морским транспортом

4.1 Крепления осуществляются для каждого пакета из 5-ти контейнеров по диагоналям в ортогональных направлениях на уровне 2,5 м от грузовой плоскости.

4.2 Суммарная сила крепления пакета из 5-ти контейнеров $LC_5=LC*n=25$ кН.

В качестве крепежного средства целесообразно использовать цепи подходящего калибра, обеспечивающие нормативный коэффициент безопасности [1].

Polyester bands providing standard safety margin [1] are recommended as lashing devices.

4. FC-14-10 diagonal lashing calculation in case of sea transportation

4.1 Diagonal lashings of each of 5 FC should be installed at 2,5 m above load pad plane in orthogonal directions.

4.2 Total lashing force of FC block consisting of 5 FC $LC_5=LC*n=25$ кН.

Lashing chains with appropriate diameter providing standard safety margin [1] are recommended as lashing devices.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ / USED TECHNICAL DOCUMENTATION /

1. Европейский стандарт EN 12195-1:2003. Европейский комитет по стандартизации.
2. Практическое руководство по креплению грузов на автомобильном транспорте Европы. Европейская комиссия. Генеральная дирекция по энергетике и транспорту.
1. European Standard. EN 12195-1:2003. European Committee for Standardization.
2. European Best Practice Guidelines on Cargo Securing for Road Transport. European Commission. Directorate-General for Energy and Transport.