



Настоящая Инструкция устанавливает основные правила и требования погрузки, разгрузки и перевозки трансформаторов, обязанности и ответственность лиц, осуществляющих перевозку и ее организацию, рекомендации по выбору транспортных средств и способов крепления трансформаторов на транспортных средствах.

Инструкция предназначена для предприятий и организаций, занимающихся транспортированием трансформаторов безрельсовым транспортом.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Транспортное средство (с грузом или без груза) следует считать крупногабаритным, если его размеры превышают хотя бы один из показателей: по высоте - 3,8 м от поверхности дороги; по ширине - 2,5 м; по длине - 20 м, а также груз выступает за заднюю точку габарита транспортного средства на 2 м.

1.2. Транспортное средство (с грузом или без груза) следует считать тяжеловесным, если его весовые параметры превышают хотя бы один из следующих показателей:

- по осевой массе (нагрузка на дорогу, передаваемая колесами одиночной, наиболее нагруженной оси), указанному в табл.1;

- по общей фактической массе - 34 т;

- по общей фактической массе при движении по мостам, эстакадам и путепроводам - 30 т.

Таблица 1

Расстояние между смежными осями, м	Осевой вес, т
2,5 и более	6,0
2,5-1,39	5,5
1,39-1,25	5,0
1,25-1,0	4,5

1.3. Перевозка крупногабаритных грузов должна быть согласована с управлением дорог, службами подземных и надземных коммуникаций, ГАИ и другими организациями, в ведении которых находятся пересекаемые при транспортировании инженерные сооружения. Все согласования должны оформляться соответствующими разрешениями (приложение 1, 2).

1.4. При транспортировании трансформаторов, размеры которых вместе с транспортными средствами превышают допустимые габариты, должны быть приняты меры, обеспечивающие безопасный проезд (увеличение габаритов под теплотрассами, отключение и, при необходимости, подъем линий электропередачи, контактной сети связи, установка защитных ограждений и т.д.).

1.5. Для руководства работами по транспортированию, сопровождению, погрузке и разгрузке должны назначаться приказом ответственные лица из состава ИТР.

1.6. Ответственные лица должны обеспечивать:

- выбор трассы и подготовку необходимой документации;
- согласование и проведение организационно-подготовительных мероприятий по перевозке;
- руководство работами по погрузке и разгрузке;
- руководство транспортированием.

1.7. Ответственные лица, указанные в п.1.6, обязаны:

- осмотреть трассу и выбрать оптимальный вариант перевозки;
- подготовить необходимую документацию;
- согласовать и провести организационно-подготовительные мероприятия;
- проверить исправность и пригодность такелажных средств, дать рекомендации по безопасным методам выполнения работ и следить за их выполнением;
- осмотреть трассу не ранее, чем за трое суток, убедиться в возможности перевозки, осмотреть крепления трансформатора к транспортным средствам, проверить работу тормозной системы, габариты системы "Транспортное средство - груз", правильность установки груза и наличие необходимых разрешений. Провести инструктаж персонала, принимающего участие в транспортировке, и дать необходимые указания персоналу.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИЯМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

2.1. Транспортные средства для транспортирования трансформаторов должны быть соответствующей грузоподъемности и оборудованы горизонтальной платформой необходимых размеров.

Платформа для транспортирования трансформаторов должна быть достаточно жесткой, обеспечивающей равномерное распределение веса трансформатора между опорами и по длине всех опор.

Грузоподъемность и механическая прочность транспортных средств должны соответствовать расчетным нагрузкам - транспортной массе трансформатора с учетом дополнительных составляющих нагрузки, возникающих при транспортировании.

2.2. Расстояние между крайними точками опоры на основании по оси движения и расстояние между крайними точками опоры на основании по оси, перпендикулярной направлению движения транспортных средств, должно обеспечивать необходимый запас устойчивости системы "Транспортное средство - груз" по отношению к расчетным нагрузкам.

Примечание. При наличии в транспортных средствах подрессорных платформ необходимо обеспечить демпфирование колебаний платформы с тем, чтобы значение давления от массы трансформатора на платформу находилось в пределах допустимого значения дополнительной вертикальной нагрузки.

### 3. УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРА НА ПЛАТФОРМЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

3.1. На платформу транспортных средств трансформатор должен устанавливаться в транспортном виде. Платформа должна быть равномерно загружена.

3.2. Центр тяжести трансформатора должен располагаться на платформе транспортных средств так, чтобы коэффициенты запаса устойчивости системы "Транспортное средство - трансформатор" во взаимно противоположных направлениях движения были, по возможности, равны.

3.3. Между трансформатором и платформой транспортных средств при его установке необходимо уложить деревянные подкладки (брусья), выступающие за днище бака по ширине на 100-150 мм. Платформу в местах установок подкладок и сами подкладки необходимо очистить от грязи, масла и покрыть слоем сухого песка толщиной 0,5-1 мм. Высота подкладки должна обеспечивать зазор между элементами бака и платформой не

менее 15 мм.

3.4. Подкладки следует распределять равномерно по всей длине трансформатора, а количество последних должно обеспечивать их прочность на смятие, но не менее: при транспортной массе трансформатора до 60 т - 2 шт.; 60-120 т - 3 шт.; 120-220 т - 4 шт.; более 220 т - 6 шт.

3.5. Для крепления трансформатора к платформе следует применять растяжки, обвязки, упорные и распорные бруски, а также стандартные крепления многократного пользования.

3.6. На днище трансформатора, брусья и платформу необходимо нанести несмываемой краской метки, позволяющие контролировать отсутствие их взаимного смещения при транспортировании.

3.7. Вид крепления трансформатора должен быть выбран в соответствии с расчетом по разд.4.

## 4. РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ, РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ И ВЫБОР ВИДА КРЕПЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

4.1. При транспортировании трансформатора на систему "Транспортное средство - трансформатор" действуют продольная и поперечная горизонтальные инерционные силы, вертикальная инерционная сила, вызванные ускорениями, колебаниями, уклонами и т.д., ветровая нагрузка, силы трения и масса транспортных средств и трансформатора.

Обозначения применяемых в расчете величин:

$Q_1$  - масса трансформатора, т;

$Q_2$  - масса транспортных средств, т;

$F_{\text{пр}}$  - продольная инерционная сила, кН;

$F'_{\text{п}}, F''_{\text{п}}$  - поперечная инерционная сила, воздействующая соответственно на трансформатор и транспортное средство, кН;

$F_{\text{тр.пр}}, F_{\text{тр.п}}$  - сила трения соответственно в продольном и поперечном направлениях, кН;

$F_{\text{в}}$  - вертикальная инерционная сила, кН;

$\Delta F_{\text{пр}}, \Delta F_{\text{п}}$  - усилия, действующие на крепления в продольном и поперечном направлениях, кН;

$W', W''$  - поперечная ветровая сила, действующая на трансформатор и транспортное средство, кН;

$\alpha_{\text{пр}}, \alpha_{\text{п}}, \alpha_{\text{в}}$  - удельные значения продольной, поперечной и вертикальной - инерционных сил приведены в табл.2, 3, 4;

$F_{\text{пр}}$  - максимальное усилие на один упор, кН;

$R_{\text{пр}}, R_{\text{п}}$  - усилия в растяжке в продольном и поперечном направлениях, кН;

$\tau, \sigma$  - напряжение в сварных швах и нагруженном сечении, кПа;

$\tau_{\text{и}}, \sigma_{\text{и}}$  - напряжение изгиба в сварных швах и нагруженном сечении упора, кПа;

$\tau_{\text{ср}}$  - напряжение на срез, кПа;

$\sigma_{\text{см}}$  - напряжение смятия, кПа;

$\mu$  - коэффициент трения (дерево по дереву - 0,45; сталь по дереву - 0,4; сталь по стали - 0,3; железобетон по дереву - 0,55);

$S_1, S_2$  - площадь наветренной поверхности трансформатора и транспортных средств, м<sup>2</sup>;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$H_{\text{цт}}$  - высота центра тяжести системы "Трансформатор - транспортное средство", м;

$h_1, h_2$  - высота центра тяжести трансформатора от подкладных брусьев и транспортных средств от поверхности дороги, м;

$h_0$  - высота подкладного бруса, м;

$l_{\text{опр}}, l_{\text{оп}}$  - расстояние центра тяжести трансформатора до ребра опрокидывания в продольном и поперечном направлениях, м;

$h'_{\text{ц.м}}, h''_{\text{ц.т}}$  - высота центра наветренной поверхности трансформатора и транспортных средств, м;

$l_{\text{о.ц}}$  - расстояние от центра тяжести трансформатора до вертикальной плоскости, проходящей через поперечную ось транспортных средств, м;

$l_1, l_2$  - проекция кратчайшего расстояния от ребра опрокидывания трансформатора до растяжки на продольную и поперечную вертикальные плоскости, м;

$l$  - расстояние от места приложения усилия до нагруженного сечения, м;

$W_x, F_c$  - соответственно момент сопротивления,  $\text{м}^3$ , и площадь нагруженного сечения,  $\text{м}^2$ ;

$\eta$  - коэффициент запаса устойчивости системы "Трансформатор - транспортное средство";

$\eta_{\text{пр}}, \eta_{\text{п}}$  - коэффициенты запаса устойчивости трансформатора на транспортере в продольном и поперечном направлениях;

$\gamma, \psi$  - угол между растяжкой и проекцией растяжки на продольную и поперечную вертикальные плоскости;

$n$  - количество растяжек.

4.2. Расчет устойчивости трансформаторов и транспортных средств во время транспортирования необходимо проводить в следующей последовательности:

Продольная инерционная сила определяется по формуле

$$F_{\text{пр}} = a_{\text{пр}} Q_1 g$$

Сила трения в продольном направлении определяется по формуле

$$F_{\text{тр.пр}} = \mu Q_1 g$$

Поперечные инерционные силы, действующие на трансформатор и транспортное средство, определяются по формулам:

$$F'_n = a_n Q_1 g$$

$$F'' = a_n Q_2 g$$

Поперечные ветровые силы, действующие на трансформатор и транспортное средство, определяются по формулам

$$W'_n = 500 S_1 \cdot 10^{-3}$$

$$W''_n = 500 S_2 \cdot 10^{-3}$$

где удельная ветровая сила равна  $500 \text{ Н/м}^2$ .

Сила трения в поперечном направлении определяется по формуле

$$F_{\text{тр.п}} = Q_1 \mu (1000 \cdot a_B) g$$

Вертикальная инерционная сила определяется по формуле

$$F_B = a_B Q_1 g$$

Высота центра тяжести системы "Трансформатор - транспортное средство" определяется по формуле

$$H_{\text{ц.т}} = \frac{Q_1 (h_1 + h_0) + Q_2 h_2}{Q_1 + Q_2}$$

Таблица 2

Удельное значение продольной инерционной силы в зависимости от грузоподъемности транспортных средств



Грузоподъемность транспортных средств, т	Расчетная скорость движения, км/ч	Время аварийного торможения, с	Удельная продольная инерционная сила $\alpha_{пр}$ , кг/т	Отрицательное ускорение, м/с
12	40	1,8	700	6,2
20	15	0,9	500	4,6
40	12	0,7	500	4,7
60	10	0,6	500	4,6
120	8	0,5	500	4,4
200	6	0,4	400	4,2
300	5	0,4	400	3,5
60	5	0,5	300	2,8
120	5	0,5	300	2,8

Таблица 3

Удельное значение поперечной инерционной силы в зависимости от грузоподъемности транспортных средств

Грузоподъемность транспортных средств, т	Расчетная скорость, км/ч	Расчетный радиус поворота, м	Удельная поперечная инерционная сила $\alpha_{п}$ , кг/т
12	40	70	164
20	15	11,5	154
40	12	16	70
60	10	11	40
120	8	13	21
200	6	16	10,2
300	5	20	7,0
60	5	6	32
120	5	8	25

Примечание. Последние две строки в табл. 1 и 2 относятся к санным прицепах.

Таблица 4

Удельное значение вертикальной инерционной силы в зависимости от грузоподъемности транспортных средств

Грузоподъемность транспортных средств, т	Расчетная скорость, км/ч	Удельная вертикальная инерционная сила $\alpha_{в}$ , кг/т
--	--------------------------	--

12	40	150
20	15	60
40	12	50
60	10	40
120	8	50
200	6	50
300	5	50

Коэффициент запаса устойчивости системы "Трансформатор - транспортное средство" определяется по формуле

$$\eta = \frac{l_{o.ц} (Q_1 + Q_2) g}{(F'_\Pi + F''_\Pi) H_{ц.т} + W'_\Pi h'_{ц.т} + W''_\Pi h''_{ц.т}}$$

Система будет устойчива, если соблюдается неравенство

$$\eta \geq 1,25$$

Коэффициенты запаса устойчивости трансформатора на транспортном средстве в продольном и поперечном направлениях определяются по формулам:

$$\eta_{пр} = \frac{l_{o.пр}}{h_1};$$

$$\eta_{\Pi} = \frac{Q_1 l_{o.пр}}{F'_\Pi h_1 + W'_\Pi h'_{ц.т}}$$

Трансформатор будет устойчив на транспортном средстве, если соблюдается условие

$$\eta_{пр}, \eta_{\Pi} \geq 1,25$$

4.3. Напряжение в наиболее нагруженном сечении упора определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{н}^2 + 4\tau_{ср}^2} = \sqrt{(P_{пр} l / W_x)^2 + 4(P_{пр} / E_{ср}^*)^2}$$

$\sigma$  должна быть меньше 165 МПа.

---

\* Формула соответствуют оригиналу. - Примечание "КОДЕКС".

Напряжение смятия упора определяется по формуле

$$\sigma_{\text{см}} = F_{\text{пр}} / F_{\text{с см}},$$

$\sigma_{\text{см}}$  должна быть меньше 250 МПа.

Напряжение смятия подкладных брусьев определяется по формуле

$$\sigma_{\text{см}} = (Q_1 + F_{\text{в}}) / F_{\text{с см}},$$

$\sigma_{\text{см}}$  должна быть меньше 1,8 МПа (хвойное дерево).

Помимо нагрузок на трансформатор, обусловленных его массой, при транспортировании могут быть допущены дополнительные нагрузки, вызванные ускорением, наклоном трансформатора или тем и другим одновременно. Эти нагрузки могут действовать отдельно и в сочетании с продольной, поперечной и вертикальной силами.

Продольная сила определяется по формуле

$$F_{\text{доп. пр}} = 0,2 \cdot Q_1 g$$

Поперечная сила определяется по формуле

$$F_{\text{доп. п}} = 0,23 \cdot Q_1 g$$

Вертикальная сила определяется по формуле

$$F_{\text{доп}} = 0,3 \cdot Q_1 g$$

4.4. Критический угол опрокидывания следует определять из уравнения равновесия действующих сил (рисунок).

$$l_0 Q_{\text{об}} g \cdot \cos \alpha_{\text{к}} = l_0 F \cdot \sin \alpha_{\text{к}} + l_0 \cdot \cos \alpha_{\text{к}} H_{\text{цт}} + \\ + W h + H_{\text{цт}} Q_{\text{об}} \cdot \sin \alpha_{\text{к}},$$

где  $l_0$  - расстояние от центра тяжести системы "Трансформатор - транспортное средство" до ребра опрокидывания системы, м;

$h$  - высота центра приложения ветрового напора, м;

$\alpha_k$  - критический угол опрокидывания, град;

$Q_{об}$  - общая масса системы  $(Q_1 + Q_2)$ , т;

$F$  - силы инерции системы  $(F'_II + F''_{II})$ , кН;

$W$  - ветровой напор  $(W' + W'')$ , кН.

Подставив расчетные значения и заменив  $\cos \alpha$  через "х", получим квадратное уравнение, которое затем следует решить и найти

" $\alpha_k$ ".

4.5. Давление на колеса на ребрах опрокидывания системы "Трансформатор - транспортное средство" (см. рисунок) определяется по формуле

$$A = Q_{об} \cdot g \cos \alpha \frac{b}{a+b}; \quad B = Q_{об} \cdot g \cos \alpha \frac{a}{a+b}.$$

Схема для определения давления на колеса

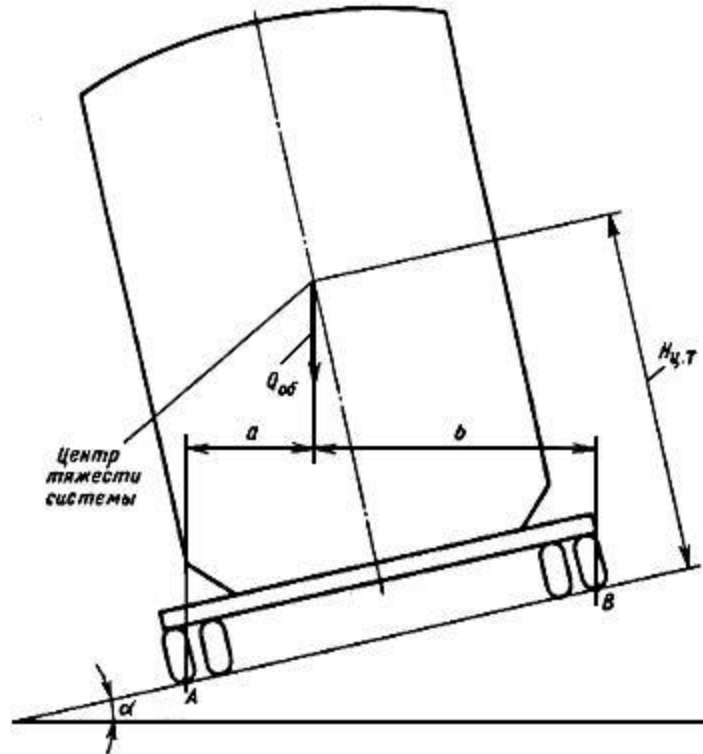


Схема для определения давления на колеса

4.6. При применении проволочных растяжек для крепления трансформатора к транспортным средствам необходимо вычислить усилия в растяжке, по которым должны быть выбраны диаметр и количество нитей в растяжке (табл.5).

Таблица 5

Значение нагрузки в растяжке в зависимости от диаметра и количества нитей в растяжке

Количество нитей в растяжке	Нагрузка на растяжку из проволоки диаметром, мм			
	4	5	6	7
2	2700	4300	6200	8500
3	4000	6450	9300	12750
4	5400			