

ВВЕДЕНИЕ

Повышение производительности труда в строительстве может быть достигнуто путем применения новой техники и правильной, более совершенной технологии и организации производственных процессов.

В связи с внедрением комплексной механизации и новых методов организации строительных работ, инженерно-техническому составу строительных организаций в настоящее время особенно важно знать методы расчета строительных процессов. Такие вопросы, как назначение численности состава отдельных звеньев комплексной бригады, подбор организации строительных машин в комплексно механизированных процессах, организация транспорта при монтаже с транспортных средств, должны решаться на основе точных технологических расчетов.

Настоящее издание имеет своей целью помочь учащимся, студентам строительных техникумов и вузов освоить такого рода расчеты, не только в рамках выполнения расчетно-графических работ, а также в условиях настоящего строительного производства.

Задачи охватывают все основные вопросы, которые приходится решать при организации производства по каждому основному вопросу приводится подробное решение предлагаемой типовой задачи, а затем дается ряд вариантов на ту же тему для самостоятельного решения или в качестве материала для выдачи индивидуальных заданий учащимся или студентам, но без решений и ответов.

Поскольку нормы выработки являются основным исходным материалом для решения большинства организационных вопросов, то при решении задач предусматривается широкое использование «Единые нормы и расценки на строительные и монтажные работы» (ЕНиР)

Настоящее учебно-методическое издание включает только вопросы технологии производства строительных работ.

I. Транспортные и погрузочно-разгрузочные работы

Транспорт в строительстве является частью непрерывного строительного конвейера, технологическим звеном, связывающим строительные объекты с заводами, карьерами, складами и другими источниками материальных ресурсов. Значение транспорта в строительстве обусловлено большой материалоемкостью строительных работ и трудоемкостью погрузочно-разгрузочных операций. Удельный вес затрат на перевозки достигает 20% общей стоимости строительно-монтажных работ, а трудоемкость транспортных и погрузочно-разгрузочных работ составляет почти 40% общих трудозатрат в строительстве.

Задача 1. Определить производительность ленточного конвейера и мощность его двигателя. Ширина желобчатой ленты конвейера, опирающейся на три ролика, $B=650$ мм; скорость ее движения $v=1,4$ м/сек; угол наклона конвейера $\beta=13^\circ$; длина конвейера $l=60$ м; перемещаемый материал - песок плотностью $\gamma_0=1500$ кг/м³.

Решение:

Ширина насыпки материала на желобчатой ленте:

$$b = K_1 \cdot B = 0,8 \cdot 650 = 520 \text{ мм}, K_1 = 0,8 \quad (1.1)$$

Угол насыпки материала:

$$\varphi_1 = K_2 \cdot \varphi_0, K_2 = 0,35 \quad (1.2)$$

где $\varphi_0 = 45^\circ$ (угол естественного откоса песка).

Тогда:

$$\varphi_1 = 0,35 \cdot 45^\circ = 16^\circ 15'$$

Площадь сечения материала на желобчатой ленте:

$$F = B^2 \cdot (0,14 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + 0,039) = 0,65^2 \cdot (0,14 \cdot 0,282 + 0,039) = 0,033 \text{ м}^2 \quad (1.3)$$

Производительность конвейера:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot C \text{ м}^3/\text{ч}, \text{ где} \quad (1.4)$$

C – коэффициент производительности, определяется в зависимости от угла наклона конвейера; для данного случая $C=0,95$.

$$Q = 3600 \cdot 0,033 \cdot 1,4 \cdot 0,95 = 158 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Мощность двигателя ленточного конвейера:

$$N = \frac{G_m \cdot v}{102 \cdot \eta} \cdot (\sin \beta + \omega \cdot \cos \beta + 2 \cdot K_3 \cdot \omega \cdot \cos \beta) \text{ кВт}, \text{ где} \quad (1.5)$$

$$G_m = F \cdot l \cdot \gamma_0 \cdot C = 0,033 \cdot 60 \cdot 1500 \cdot 0,95 = 2800 \text{ кг}; \quad (1.6)$$

K_3 – коэффициент пропорциональности, зависящий от γ_0 и B ; для данного случая $K_3=0,13$;

ω – коэффициент сопротивлений, зависящий от длины конвейера; для данного случая $\omega = 0,15$;

η – постоянный коэффициент, $\eta = 0,85$.

γ_0 – плотность перемещаемого материала

$$N = \frac{2800 \cdot 1,4}{102 \cdot 0,85} \cdot (\sin 13^\circ + 0,15 \cdot \cos 13^\circ + 2 \cdot 0,13 \cdot 0,15 \cdot \cos 13^\circ) = 45 \cdot (0,225 + 0,146 + 0,038) = 18,5 \text{ кВт},$$

Дополнительная мощность при наличии сбрасываемой тележки:

$$\Delta N = \frac{0,25 \cdot N + 0,007 \cdot Q' + 0,5}{1,36} \text{ кВт}, \text{ где} \quad (1.7)$$

$$Q' = 3,6 \cdot F \cdot v \cdot C \cdot \gamma_0 = 3,6 \cdot 0,033 \cdot 1,4 \cdot 0,95 \cdot 1500 = 238 \text{ т/ч}. \quad (1.8)$$

$$\text{Тогда } \Delta N = \frac{0,25 \cdot 18,5 + 0,007 \cdot 238 + 0,5}{1,36} \approx 5 \text{ кВт}.$$

Общая мощность двигателя ленточного конвейера составит:

$$N_0 = 18,5 + 5 = 23,5 \text{ кВт}. \quad (1.9)$$

Принимаем по справочнику «Электротехника и электрооборудования» асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором защищенного исполнения мощностью 28 кВт; асинхронная скорость вращения 1000 об/мин.

В современном мире *ленточный конвейер* получил самое широкое распространение, благодаря универсальности. Оборудование используют при транспортировке грузов сыпучих, штучных, кусковых и других видов. Устройство представляет собой конвейерную ленту непрерывного движения, перемещающую разнообразную продукцию, как упакованную в таре, так и россыпью. Применяется также на поточном производстве в целях межоперационного транспортирования. Принцип работы устройства прост.

Основным рабочим инструментом является замкнутая в кольцо гибкая лента, огибающая натяжной и приводной барабаны. Между ними на раме с определенным шагом размещены роликовые опоры, на которые опирается транспортерная лента.

Загрузка транспортируемой продукции осуществляется с одной стороны конвейера, выгрузка – с противоположной.

Ленточные конвейеры могут различаться конструктивно. Наиболее распространены следующие типы:

Конвейеры прямые.

В основе – бесконечная гибкая лента, холостую и рабочую ветви которой поддерживают роликоопоры.

Приводной барабан сообщает транспортной ленте поступательное движение; достаточное напряжение ленты обеспечивает натяжное устройство. Производительность прямых конвейеров может достигать 25 тысяч т/ч, а длина – 10км.

Желобчатые конвейеры.

Основание транспортной ленты – желобчатая роликовая опора, выполненная из стального или алюминиевого профиля.

Наибольшее распространение устройство получило в машиностроении, деревообрабатывающей промышленности, в строительстве, энергетике, при добыче угля. Так же может использоваться конвейер для сортировки вторичных отходов при их переработке.

Конвейеры наклонные.

Основное устройство данного типа от прямых конвейеров – направленность под углом к горизонтали. Принцип действия используется тот же.

Может выполняться, как конвейер с регулировкой угла наклона или же с заданным углом наклона.

Оборудование с большим успехом применяется при необходимости транспортировки штучных и насыпных грузов вверх и вниз на складских и логистических комплексах, в разных сферах промышленности. Наклонные конвейеры – устройства универсальные, их можно использовать и в цехах и на открытом воздухе.

Конвейеры смешанного типа.

Некоторая часть конвейерной трассы – прямая, другая наклонная.

Среди оборудования этого типа выделяют L-образный и Z-образный конвейер. Последний вид устройств считается одним из самых сложных. Используют их, как правило, при необходимости установки в ограниченном пространстве, там где невозможно сконструировать линию, состоящую из обычных прямых и наклонных.

Конвейеры поворотные.

В данном случае лента транспортера перемещается в стальной основе по ползунам, разделенным на сегменты. Отличительная особенность оборудования – наличие системы передачи вращательного момента.

Поворотный конвейер применяется во многих отраслях промышленности, наибольшее распространение получил в кондитерском производстве.

Конвейеры телескопические.

Оборудование – оптимальный вариант для транспортировки сыпучих материалов на речных и морских судах, в карьерах и пр. Телескопический конвейер позволяет изменять длину и угол наклона в процессе работы. Останавливать устройство и освободить его от транспортируемого груза нет необходимости. Процесс загрузки и выгрузки при использовании оборудования максимально эффективен. Конечно, перечисленными видами далеко не исчерпывается конвейерное оборудование. Существует множество устройств, которые выполняют самые разнообразные общие и специфические задачи.

Подземные ленточные конвейера.

Шахтные ленточные конвейеры, предназначенные для транспортирования горной массы и перевозки людей по горным выработкам с углами наклона от -25° до $+25^{\circ}$.

Задача 2. Цемент со склада доставляется на бетоно-растворный узел пневмотранспортной установкой нагнетательного типа. Заданная

производительность установки $Q=60$ т/ч. Длина пути транспортирования: по горизонтали 130 м, по вертикали 20 м. На трассе воздухопровода имеются три поворота под углом 90° .

Определить расход воздуха, внутренний диаметр трубопровода, подобрать необходимое оборудование для пневмотранспорта.

Решение:

Расчетная длина трассы:

$$L_p = \Sigma L_{\Gamma} + \Sigma L_B + \Sigma L_{\text{ЭК}} + \Sigma L_{\text{ЭП}} \text{ м, где} \quad (2.1)$$

ΣL_{Γ} - сумма длин горизонтальных участков;

ΣL_B - сумма длин вертикальных участков;

$\Sigma L_{\text{ЭК}}$ - сумма длин, эквивалентных сопротивлений в коленах;

$\Sigma L_{\text{ЭП}}$ - сумма длин, эквивалентных переключениям трубопровода.

Для цемента эквивалентная длина при отношении радиуса колена к диаметру трубопровода «6» составляет от 5 до 10 м. Длину, эквивалентную сопротивлению двухходового переключателя трубопровода, при транспортировании цемента принимаем равной 8 м (см. таблицу 1.)

Таблица 1. Значение длин, эквивалентных сопротивлений в коленах трубопроводов

Вид транспортируемого материала	Эквивалентная длина в (м) при отношении радиуса колена к диаметру трубопровода			
	4	6	10	20
Пылевидный	4 - 8	5 - 10	6 - 10	8 - 10
Зерновой однородный	-	8 - 10	12 - 16	16 - 20
Мелкокусковой неоднородный	-	-	28 - 35	38 - 45
Крупнокусковой неоднородный	-	-	60 - 80	70 - 90

Примечание. Значение R_k/D_{tr} и вид транспортируемого материала дано в таблице вариантов.

Тогда:

$$L_p = 130 + 20 + 3 \cdot 8 + 8 = 182 \text{ м.}$$

Рабочая скорость потока принимается для пылевидных материалов от 18 до 25 м/с; принимаем $V_p=20$ м/с.

Весовая концентрация смеси цемента с воздухом для длины трассы 182 м составит $\mu = 46$ (см. рис.1.).

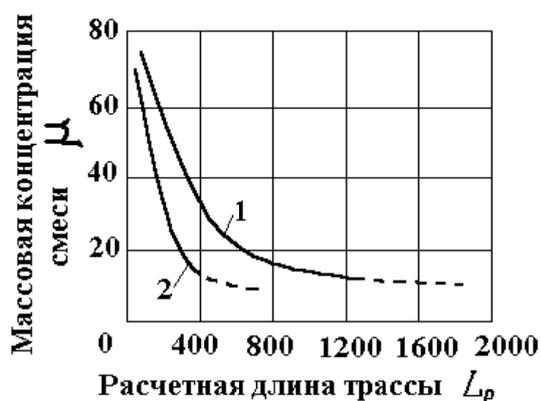


Рис.1. График определения массовой концентрации смеси материала с воздухом. 1 – кривая для материалов с плотностью от 2,5 до 3,5 кг/м³; 2 – кривая для материалов с плотностью от 1,8 до 2,5 кг/м³.

Расход воздуха:

$$G_B = \frac{Q}{3,6 \cdot \gamma_B \cdot \mu} \text{ м}^3/\text{с, где} \quad (2.2)$$

Q – производительность установки в т/ч;

γ_B - плотность воздуха в кг/м³; при атмосферном давлении $\gamma_B=1,2$ кг/м³

$$G_B = \frac{60}{3,6 \cdot 1,2 \cdot 46} = 0,3 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Внутренний диаметр трубопровода:

$$d_T = 1000 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot G_B}{\pi \cdot V_p}} = 1000 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 0,3}{3,14 \cdot 20}} = 140 \text{ мм} \quad (2.3)$$

Согласно ГОСТ 8732-78* на стальные бесшовные трубы принимаем наружный диаметр трубопровода 159 мм при толщине стенки 4,5 мм; внутренний диаметр составит 150 мм.

Таблица 2. Технические данные передвижных компрессорных станций

Показатели	Марка компрессорных станций			
	ПКС-3,5	ПКС-5,25	ПКС-5	ЗИФ-55
Подача компрессора по всасываемому воздуху, м ³ /мин	3,5	5,25	5	5
Максимальное давление сжатия, кПа	686	686	686	686
Тип компрессора	Поршневой V-образный			Поршн. вертикальный
Число цилиндров в ступенях сжатия:				
первой	2	2	2	2
второй	2	2	2	2
Частота вращения вала компрессора, мин ⁻¹	1450	1450	735	1200
Двигатель:				
марка	АО-2-74-4	АО-2-82-4	ЗИЛ-120	ЗИЛ-157
мощность, кВт	30	40	69	73
Основные размеры, мм:				
длина (без дышла)	2500	2700	3830	3450
ширина	1820	1820	1870	1890
высота	1715	1720	2030	1770
Масса, т	1,14	1,31	2,88	2,75

Продолжение табл. 2.2.

Показатели	Марка компрессорных станций			
	ДК-9; ДК-9М	ЭК-9М	ПР-10	ПВ-10
Подача компрессора по всасываемому воздуху, м ³ /мин	9/10	10	10	10
Максимальное давление сжатия, кПа	588	588	686	686
Тип компрессора	Поршневой вертикальный		Ротационный пластинчатый	
Число цилиндров в ступенях сжатия:				
первой	2	2	2	-
второй	2	2	2	-
Частота вращения вала компрессора, мин ⁻¹	860/1050	980	1050	1700
Двигатель:				
марка	КДМ100 ----- Д-108	А-2-96-6	Д-108	ЯМЗ-236
мощность, кВт	66/80	75	80	132
Основные размеры, мм:				
длина (без дышла)	5080	5080	3970	3305
ширина	1890	1850	1600	1730
высота	2550	2550	2170	1870
Масса, т	5,5/5,2	5,1	3,2	3,15

Примечание. Над чертой даны значения для ДК-9, под чертой - для ДК-9М.

Производительность компрессора:

$$Q_K = 60 \cdot K_B \cdot G_B, \text{ где} \quad (2.4)$$

K_B – коэффициент, учитывающий потери воздуха на утечку в системе воздухопровода; $K_B=1,15-1,20$;

$$Q_K = 60 \cdot 1,15 \cdot 0,3 = 20,8 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Принимаем по таблице 2 МУ или справочнику механика поршневой компрессор 160В-20/8 производительностью 20 м³/мин, давлением до 8 атмосфер. Строительство использует все основные виды транспорта: автомобильный, железнодорожный, водный, тракторный, воздушный. Автомобильный транспорт - основной в строительстве, на его долю приходится свыше 80% строительных грузов (по массе), железнодорожным и водным перевозится соответственно 15 и 5%.

Автомобильный транспорт является наиболее мобильным и маневренным из всех видов транспорта, имеет возможность доставки груза непосредственно к месту потребления в необходимом по технологическим соображениям время, а также возможность в ряде случаев механизированной саморазгрузки. С его помощью можно значительно быстрее, чем другим транспортом, доставить грузы на различные расстояния без перегрузок непосредственно на строительные площадки и сравнительно небольших объемов одновременной поставки, ввиду ограниченности приобъектных складов.

Автомобильный транспорт для перевозки строительных грузов классифицируется *по роду двигателя* на:

- * карбюраторные;
- * дизельные;
- * газотурбинные;
- * работающие на сжиженном или сжатом газе;
- * электрические.

По типу кузова на:

- * с универсальным кузовом - для перевозки любых видов грузов, в пределах его вместимости и грузоподъемности;

- * со специализированным кузовом - для перевозки грузов определенных видов;

- * со специальным кузовом - для перевозки конкретных видов грузов.

По грузоподъемности на классы:

- * малой грузоподъемности - до 2 т;
- * средней грузоподъемности - до 5 т;
- * большой грузоподъемности - свыше 5 т и до предела, установленного дорожными ограничениями;
- * особо большой грузоподъемности - свыше предела, установленного дорожными ограничениями (карьерные, внедорожные автомобили).

Наибольшее распространение в строительстве получили автомобили грузоподъемностью: 3, 5, 8, 10, 12, 16, 27, 40, 60, 75, 120 т.

По проходимости автомобили делят на:

- * дорожные;
- * повышенной и высокой проходимости;
- * внедорожные.

По виду перевозимого груза автотранспорт подразделяют на:

- * общего назначения;
- * самосвалы (общестроительные, карьерные, землевозы);

- * седельные тягачи с полуприцепами (фермовозы, панелевозы, плитовозы, блоковозы, сантехкабиновозы, битумовозы, цементовозы и т.д.).

Прицепы и полуприцепы подразделяются на:

- прицепы, буксируемые автомобилями при помощи дышла (одно-, двух-, многоосные);

- прицепы-ропуски для перевозки длинномерных грузов;

- полуприцепы, буксируемые седельными тягачами

Максимально допустимые габаритные размеры автотранспортных средств (автомобилей и автопоездов) установлены «Правилами дорожного движения» по высоте (включая автомобиль) - 3,8 м; по ширине (поперечный) - 2,5 м; полная длина автотранспортного средства не должна превышать: для автомобиля с любым числом осей (без прицепа) - 12 м; для автопоезда (тягач и полуприцеп или автомобиль и один прицеп) - 20 м; для автопоезда (автомобиль и два и более прицепов) - 24 м. Свес груза за заднюю точку габарита транспортного средства должен быть не более 2 м.

Автомобильный транспорт целесообразно использовать при перевозке грузов до 200 км.

Задача 3. Подобрать комплект для механизированной перевозки 100 м^3 песка на расстояние 1,5 километра. Емкость ковша экскаватора $0,65 \text{ м}^3$, обратная лопата.

По таблицам 3 и 4 назначают марку автосамосвалов и их грузоподъемность;

Таблица 3. Рекомендуемая грузоподъемность автосамосвалов

Расстояние транспортирования, км	Грузоподъемность (т) при емкости ковша экскаватора (м^3)						
	0,4	0,65	1,0	1,25	1,6	2,5	4,0
0,5	4,5	4,5	7	7	10	-	-
1,0	7	7	10	10	10	-	27
1,5	7	7	10	10	12	18	27
2,0	7	10	10	12	18	18	27
3,0	7	10	12	12	18	27	40
4,0	10	10	12	18	18	27	40
$\geq 5,0$	10	10	12	18	18	27	40

Таблица 4. Эксплуатационно-технические характеристики грузовых бортовых автомобилей и самосвалов

Наименование и марка автомобиля	Грузоподъемность, т	Мощность двигателя, л.с.	Наибольшая скорость с полной нагрузкой, км/час	Число осей		Собственный вес, кг.	Погрузочная высота, м
				всего	ведущих		
I. Бортовые							
ГАЗ - 51	2,5	70	70	2	1	2710	1,2
ЗИЛ - 352	2,5	45	50	2	1	3670	1,23
ЗИЛ - 164	4	97	75	2	1	4100	1,32
ЗИЛ - 150	4	90	65	2	1	3900	1,32
ЗИЛ - 151	4,5	92	60	3	3	5545	1,25
МАЗ - 200	7	110	65	2	1	6400	1,39
ЯАЗ - 210	12	165	55	3	2	11300	1,79
II. Самосвалы							
ГАЗ - 93	2,25	70	70	2	1	3100	1,065
ЗИЛ - 585	3,5	90	65	2	1	4210	1,285
МАЗ - 205	6	110	60	2	1	6600	1,36
КамАЗ-5510	7	130	85	3	2		2,03
ЯАЗ - 210Е	10	165	45	3	2	12000	1,79
МАЗ - 525	25	300	30	2	1	24380	2,285
БелАЗ-540	27		53	2	1		3,31
МАЗ - 530	40	450	30	3	2	35000	3,65
БелАЗ-548	40		55	3	2		3,42

Принимаем автосамосвал КамАЗ-5510

Определяют объем грунта в плотном теле в ковше экскаватора ($V_{ГР}$), м³:

$$V_{ГР} = \frac{V_{ЭКС}^K \cdot K_{НАП}}{K_P}, \text{ где} \quad (3.1)$$

$V_{ЭКС}^K$ - принятый объем ковша экскаватора, м³; K_P - коэффициент первоначального разрыхления ($1+K_P$); $K_{НАП}$ - коэффициент наполнения ковша (табл. 5).

$$V_{ГР} = \frac{0,65 \cdot 0,8}{1,1} = 0,473 \text{ м}^3$$

Таблица 5. Коэффициент наполнения ковша в зависимости от рабочего оборудования и группы грунта

Рабочее оборудование	Группа грунта			
	I	II	III	IV
Прямая лопата	1,02	1,12	1,18	1,25
Обратная лопата	0,8	0,88	0,94	1,0
Драглайн	0,9	0,99	1,09	1,15

Примечание. Группа грунта принимается согласно сборнику ЕНиР§2.

Определяют массу грунта в ковше экскаватора (Q), т:

$$Q = V_{ГР} \cdot \rho, \quad Q = 0,473 \cdot 1,6 = 0,757 \text{ т}, \quad (3.2)$$

где ρ - средняя плотность грунта в естественном залегании, т/м³;

Определяют количество ковшей грунта, загружаемых в кузов автосамосвала (n) (принимается ближайшее целое меньшее число), шт.:

$$n = \frac{ГП}{Q}, \quad n = \frac{7}{0,757} = 9,247 \text{ Принимаем } n=9 \text{ шт.}, \quad (3.3)$$

где $ГП$ - грузоподъемность автосамосвала (табл. 4), т;

Определяют объем грунта в плотном теле, загружаемый в кузов автосамосвала ($V_{ГР.КВЗ.}$), м³:

$$V_{ГР.КВЗ.} = V_{ГР} \cdot n, \quad V_{ГР.КВЗ.} = 0,473 \cdot 9 = 4,257 \text{ м}^3, \quad (3.4)$$

Определяют продолжительность одного цикла работы автосамосвала ($T_{Ц}$), мин:

$$T_{Ц} = t_{П} + \frac{60 \cdot L}{v_{Г}} + t_{Р} + \frac{60 \cdot L}{v_{П}} + t_{М}, \quad (3.5)$$

где $t_{П}$ - время погрузки песка, мин ($t_{П} = \frac{V \cdot H_{ВР} \cdot 60}{УП}$, V - объем грунта загружаемый в кузов автосамосвала, м³; $H_{ВР}$ - норма времени для погрузки экскаватором грунта в транспортные средства, мин, принимается согласно ЕНиР§3); L - расстояние транспортировки грунта, км; $v_{Г}$ ($v_{П}$) - средняя скорость движения автосамосвала в груженом состоянии (табл. 6) (в порожнем состоянии (25...30 км/час)), км/час; $t_{Р}$ - время разгрузки (1...2 мин), мин; $t_{М}$ - время маневрирования перед погрузкой и разгрузкой (2...3 мин), мин;

$$T_{Ц} = 4,6 + \frac{60 \cdot 1,5}{17,5} + 1,5 + \frac{60 \cdot 1,5}{27,5} + 2,5 = 17,02 \text{ мин},$$

Таблица 6. Расчетные скорости движения автосамосвалов при перевозке грунта

Расстояние, км	Скорость (км/ч) движения автосамосвалов $ГП$ (т)		
	до 2,25	от 3,5 до 7	от 10 и более
Дороги усовершенствованные, булыжные, щебеночные и грунтовые накатные			
1	20	17	15
5	24	21	19
10	24	21	19

Дороги грунтовые разъезженные и бездорожье			
1	17	14	12
5	22	18	16
10	22	18	16

Требуемое количество автосамосвалов (N) составит, шт.:

$$N = \frac{T_{ц}}{t_{п}}, \quad N = \frac{17,02}{4,6} = 3,7 \text{ шт.}, \quad (3.6)$$

Полученное количество округляют до ближайшего меньшего целого числа.

Принимаем 3 автосамосвала.

Определяем общее время работы автосамосвалов:

$$t_{РАБ} = \frac{T_{ц} \cdot Q_{ОБЩ}}{Q_{ГР.КУЗ.}} = \frac{17,02 \cdot 160}{6,81} \approx 400 \text{ мин} = 6,67 \text{ час.} \quad (3.7)$$

Определяем общий пробег автосамосвалов:

$$L_{АВТ} = \frac{R_{ПР} \cdot t_{РАБ}}{T_{ц}} = \frac{3 \cdot 400}{17,02} = 70,5 \text{ км.} \quad (3.8)$$

Задача 4. Найти предельный уклон пандуса, при котором возможен выезд наружного грунтом автомобиля из котлована. Грунт – рыхлый песок; автомобиль - самосвал ЗИЛ-585.

Решение.

1. Определяем силу тяги автомобиля на ободу ведущих колес F_0 по формуле:

$$F_0 = \frac{75 \cdot N}{v} \cdot \eta \cdot \frac{3600}{1000} = \frac{270 \cdot N}{v} \cdot \eta, \quad \text{кг}$$

(4.1.)

где: N - мощность автомобиля в л.с.; для автомобиля ЗИЛ-585; согласно данным таблицы 4. $N=90$ л.с.;

v - скорость движения в км/час; в данном случае скорость движения можно принять, по практическим данным равную 24 км/час;

η - коэффициент полезного действия, изменяющийся для грузовых машин от 0,82 до 0,90; принимаем $\eta=0,85$.

Тогда:

$$F_0 = \frac{75 \cdot 90}{24} \cdot 0,85 \cdot \frac{3600}{1000} = 860,625 \text{ кг}$$

Таблица 7. Значения коэффициентов сцепления

Тип дороги	Автомобили и тракторы		
	С колесами со шпорами	С баллонами	С гусеницами
<i>Для автомобилей</i>			
Шоссе, асфальт мокрый			
Сухая дорога-шоссе, асфальт:	1	0,3-0,5	1
Шины низкого давления	1	0,7-0,75	1
Шины высокого давления	1	0,6-0,65	1
Шины массивные	1	0,2-0,4	1
Грунтовая дорога или грунт сухой	1	0,4-0,6	1
Грунтовая дорога мокрая	1	0,2-0,4	1
Мостовая замерзшая:			
обледенелая	1	0,18	1
оттаявшая	1	0,15	1
<i>Для тракторов</i>			
Сухая укатанная дорога:			
на глинистом грунте	0,8	0,8	1,0
на песчаном	1,0	0,7	1,1
на черноземном	0,6	0,6	0,9

Песок: влажный	0,2	0,4	0,5
сухой	0,2	0,3	0,4
Укатанная снежная дорога	0,4	0,3	0,6
Луг влажный: некошенный	0,8	0,5	0,6
скошенный	1,0	0,7	1,2

Примечание. Сцепной вес $Q_{сц}$ от веса машины брутто:

- для автомашин и тягачей двухосных $Q_{сц} = 0,55 \div 0,65$ (среднее 0,6);

- то же, трехосных с двумя ведущими осями $Q_{сц} = 0,65 \div 0,75$ (среднее 0,7);

- для седельных двухосных тягачей с полуприцепами (от веса тягача плюс нагрузка от полуприцепа) $Q_{сц} = 0,65 \div 0,75$.

2. Определяем силу тяги по сцеплению:

$$F_{сц} = \varphi \cdot P_{сц}, \quad (4.2.)$$

где: φ - коэффициент сцепления колес с грунтом; по данным таблицы 7 для сухого суглинистого грунта $\varphi=0,3$;

$P_{сц}$ - сцепной вес автомобиля (доля веса машины с грузом, приходящимися на ведущие колеса).

$$P_{сц} = \alpha \cdot (P + Q), \quad (4.3.)$$

где: α - коэффициент, для двухосных автомобилей принимаем $\alpha = 0,65$ (см. примечание к таблице 7.); P - собственный вес автомобиля; Q - полная нагрузка автомобиля.

Согласно данным таблицы 4 для автомобиля ЗИЛ-585: $P=4210$ кг; $Q=3500$ кг.

Тогда:

$$F_{сц} = 0,3 \cdot 0,65 \cdot (4210 + 3500) = 1503,45 \text{ кг.}$$

Поскольку $F_{сц} < F_0$, то дальнейший расчет следует вести по величине $F_{сц}$, так как наибольшая возможная сила тяги на ободу колеса не может быть использована (вследствие возможного буксования).

3. Предельный уклон пандуса i находим из уравнения движения:

$$F_{сц} \geq W,$$

где: W - общее сопротивление движению при подъеме на пандус.

$$W = (P + Q) \cdot (W_0 + W_i), \quad (4.4.)$$

где: W_0 - основное сопротивление движению по прямому горизонтальному пути;

W_i - дополнительное удельное сопротивление при движении на подъеме, которое численно равно величине уклона пандуса i .

Согласно данным таблицы 8:

$$W_0 = 250 \text{ кг/т} = 0,25.$$

Таблица 8.

Удельное основное сопротивление движению W_0 в кг/т для пневматических шин

Покрытие дороги	Скорость, км/час	
	24	50
Рыхлый песок слоем не более 20 см	250	-
Рыхлый грунт, свежая насыпь	300	-
Бездорожье	100-200	-
Грунтовая дорога:		
- в плохом состоянии	260	
- в удовлетворительном	30	
Мостовая булыжная, щебеночная	25-35	30-40
Дорога:		
- гравийная	13-23	20-25
- бетонная	10-14	12-16

Дорога асфальтобетонная: крупнозернистый асфальт	11-12	14-15
песчаный асфальт	10-14	12-16

Итак, для определения наибольшего уклона пандуса мы имеем уравнение:

$$F_{сц} = (P + Q) \cdot (W_0 + i), \quad (4.5.)$$

откуда

$$i = \frac{F_{сц}}{(P + Q)} - W_0 = \frac{1503,45}{4210 + 3500} - 0,25 = -0,055. \quad (4.6.)$$

Т.к. значение получилось меньше нуля, можно сделать вывод, что выбранный автомобиль не сможет выехать из котлована по этому грунту.

Примечание. Так как значение $F_{сц} < F_0$, то при более крутом уклоне выезд из котлована будет невозможен как для груженых машин, так и не груженых вследствие буксования.