

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра автомобилей и автомобильного хозяйства

ТИПАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Методические указания по выполнению
лабораторно-практических работ*

Факультет производственного менеджмента и инновационных технологий

Направление подготовки 190600.62 «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов»

Профиль Автомобили и автомобильное хозяйство

Вологда
2014

УДК 058.513.5(076)

Типаж и эксплуатация технологического оборудования: методические указания по выполнению лабораторно-практических работ. - Вологда: ВоГУ, 2014. – 40 с.

Методические указания по выполнению лабораторно-практических работ предназначены для студентов очной и заочной форм обучения специальности 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство» по дисциплине «Типаж и эксплуатация технологического оборудования». Содержат методику выполнения расчетов технологического оборудования.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составитель А.А. Богомолов, канд. техн. наук, доцент

Рецензент С.Н. Коваленко, д-р техн. наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и промышленной экологии

Подписано в печать 25.12.2013. Усл. печ. л. . Тираж .
Печать офсетная. Бумага офисная. Заказ № _____

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15

Цель дисциплины

Технологическое оборудование и инструмент являются важным элементом подсистемы технической эксплуатации автомобилей – производственно-технической базы, определяющим производительность и качество работ технического обслуживания и текущего ремонта, а также условия труда обслуживающего персонала, защиту окружающей среды и ресурсосбережения.

Целью данной дисциплины является изучение конструкции, освоение приемов и методов расчета, проектирования и эксплуатации гаражного авто-ремонтного оборудования, которое в наибольшей степени влияет на показатели эффективности технической эксплуатации, экономичность, а также на реализацию рациональных методов технического обслуживания и ремонта.

Данная дисциплина предусматривает приобретение знаний и умений по проектированию и эксплуатации технологического оборудования. Освоение приемов, методов проектирования, расчета рабочих органов технологического оборудования и его компоновки, определение уровней механизации – основные задачи лабораторно-практического курса дисциплины.

Выполнение лабораторно-практических работ студентами по данной дисциплине преследует цель расширить и закрепить теоретические знания. Все семь работ выполняются в течение семестра.

Для изучения определенной темы необходимо пользоваться несколькими литературными источниками и опытом работы автотранспортных предприятий, эксплуатирующих различное технологическое специальное гаражное оборудование.

Лабораторно-практические работы выполняются студентом индивидуально. Отчет выполняется на листах формата А4 или в отдельной тетради 12 – 20 стр., согласно требованиям «МР по оформлению ВКР, курсовых проектов/работ для очной, очно-заочной (вечерней) и заочной форм обучения. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – 52с.». По окончании выполнения работ отчет оформляется и защищается каждым студентом индивидуально.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТРУЙНЫХ МОЕЧНЫХ УСТАНОВОК

Цель работы: Изучить методику расчета основных параметров струйных моечных установок, позволяющую установить критерии для выбора оптимальных конструкций образцов оборудования для мойки автомобилей.

Прием очистки открытой струей жидкости имеет наибольшее практическое значение для удаления загрязнений с полнокомплектной техники в условиях эксплуатации. В качестве рабочей жидкости чаще всего используют воду и во многих случаях со сбросом ее после разового использования.

Природа удаления загрязнений с помощью струй заключается в механическом разрушении слоя загрязнений, его связей с очищаемой поверхностью за счет удара движущейся жидкости о преграду.

Основным условием мойки на установках струйного типа является превышение динамических давлений над прочностными свойствами загрязнений, т.е. обеспечение размывающей способности струи, что достигается обеспечением оптимальных параметров установки: диаметра насадки - d_n , количества насадок - n_c , расстояния (шага) между насадками - h_n , расхода воды - Q и перепада давления на насадке - ΔP .

Таблица 1.1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Вариант	Модели автомобилей	Напор воды, Н, м	Вид насадки	Коэффициент рельефности $K_{рел}$
1	2	3	4	5
1	КАМАЗ-4308 МАЗ 437040 020	35	Цилиндрический	0,45
2	КАМАЗ-53215 УРАЛ - 4320	40	Конический сходящийся	0,80
3	FAW CA 1061 КАМАЗ-5320	60	Конический расходящийся	0,65
4	КрАЗ 65053 МАЗ-5335	55	Коноидальный	0,65
5	КрАЗ 6322 КАМАЗ 45141 010-13	40	Цилиндрический	0,53
6	КАМАЗ-5511 МАЗ-5336А5-320	65	Коноидальный	0,70
7	КАМАЗ-5320 МАЗ 63172	30	Конический сходящийся	0,73

1	2	3	4	5
8	МАЗ 533603 220 Урал 4320 0611-41	55	Конический расходящийся	0,55
9	УАЗ-31512 МАЗ 6317	30	Цилиндрический	0,16
10	МАЗ 534005 FOTON BJ1043-1DK	45	Коноидальный	0,45
11	ЗИЛ-130 МАЗ 533702 220	70	Конический сходящийся	0,71
12	МАЗ 4788 FAW CA 1031	60	Конический расходящийся	0,65
13	МАЗ-6303А5-335 УРАЛ 43206-0111-41	45	Цилиндрический	0,53
14	Урал-3750М МАЗ 533603 2123	60	Коноидальный	0,56
15	УАЗ-31622 УРАЛ 4320-0911-40	35	Конический расходящийся	0,16
16	КАМАЗ-5320 МАЗ-6312А5-370	40	Конический сходящийся	0,65
17	МАЗ 533702 2120 КрАЗ-260	55	Цилиндрический	0,56
18	МАЗ-5335 МАЗ 5340А3-370	50	Коноидальный	0,65
19	КАМАЗ-5511 МАЗ-5549	45	Конический расходящийся	0,70
20	КАМАЗ 65117-010- 62 МАЗ 6312А5-320	55	Конический сходящийся	0,65

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определить минимальный радиус круглой струи:

$$v = 2,7 \cdot d_3, \text{ м}, \quad (1)$$

где d_3 - диаметр частиц удаляемого загрязнения, $d_3 = 0,5 \cdot 10^{-3}$, м.

2. Определить скорость истечения струи:

$$V_c = \varphi \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где φ - коэффициент скорости струи, зависящий от формы отверстия и типа насадки (табл. 1.2); g - ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$);
 H - напор воды в метрах водяного столба, м.

3. Определить ориентировочный расход жидкости из одной насадки:

$$Q_c = \pi \cdot v^2 \cdot \varepsilon \cdot V_c, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3)$$

где ε - коэффициент сжатия струи, для конических и цилиндрических с конической частью насадки $\varepsilon = 1$.

4. Проектируемый диаметр насадки:

$$d_H = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_c}{\pi \cdot V_c}}, \text{ м}. \quad (4)$$

5. Перепад давления на насадке:

$$\Delta P = \frac{8\varphi}{g} \left(\frac{Q_c}{\varphi \cdot \pi \cdot d_H^2 \cdot n_c} \right), \text{ м}, \quad (5)$$

где n_c - число насадок, шт,

$$n_c = \frac{L_\Sigma}{h_n}, \text{ шт.}, \quad (6)$$

где L_Σ - суммарная длина коллектора моечного блока, м; h_n - шаг (расстояние) между насадками, м.

Общая суммарная длина коллектора моечного блока:

$$L_\Sigma = L_k^{св} + 2L_k^{бок} = (2L_{min} + B_a) + 2(H_a + L_{min}), \text{ м}, \quad (7)$$

где $L_k^{св}$ - длина коллектора, оmyвающего автомобиль сверху, м; $L_k^{бок}$ - длина коллектора, оmyвающего автомобиль сбоку, м; L_{min} - минимальное расстояние от насадки до поверхности автомобиля, при котором обеспечивается эффективная мойка, м;

$$L_{min} = 100 \cdot d_H$$

B_a - ширина автомобиля, м; H_a - высота автомобиля, м.

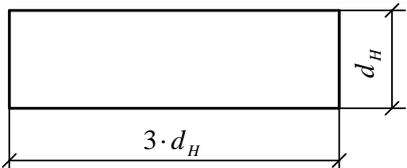
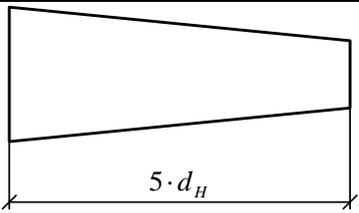
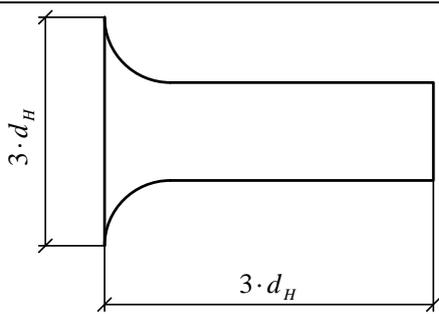
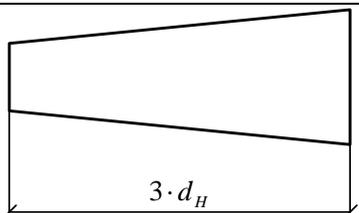
Расстояние между насадками определяется по формуле:

$$h_n = 2X_{оч} \cdot k_c, \text{ м}, \quad (8)$$

где $X_{оч}$ - ширина зоны очистки, м; k_c - коэффициент перекрытия струи, $k_c = 0,9$.

Для обеспечения эффективной мойки необходимо, чтобы коллектор был удален от оmyваемой поверхности на расстояние не менее $100 \cdot d_H$.

Таблица 1.2

Тип насадки	Профиль сечения	Коэффициент скорости φ
Цилиндрический		0,820
Конический сходящийся		0,963
Коноидальный		0,980
Конический расходящийся		0,775

Зона очистки $X_{0ч}$ определяется упрощенно при допущении, что длина зоны разворота круглой одиночной струи равна длине зоны очистки, в этом случае:

$$X_{0ч} = 2.25 \cdot v, \text{ м.} \quad (9)$$

6. Расход воды через насадки (подача насосов):

$$Q = Q_c \cdot n_c \cdot f, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (10)$$

где f - коэффициент запаса, $f = 1,1 \dots 1,3$.

7. Определить производительность моечной установки с учетом типажа обслуживаемого подвижного состава, конструктивных и технологических параметров моечной установки:

$$\Pi = \frac{2 \cdot X_{0ч} \cdot n_c \cdot k_c \cdot L_{cp} \cdot k_g}{(1 + k_{пел}) \cdot H_a \cdot L_a \cdot k_{np}} \cdot \frac{V_a \cdot 60}{(L_{cp} + a)}, \text{ авт/ч}, \quad (11)$$

где H_a , L_a - соответственно высота и длина наиболее габаритного автомобиля, м;
 L_{cp} - средняя арифметическая длина обслуживаемых автомобилей, м;

k_g - коэффициент, учитывающий динамику движения моющих коллекторов, $k_g = 1,05$; V_a - скорость перемещения автомобиля относительно рабочих органов установки (скорость конвейера), $V_a = 4$ м/мин; $k_{рел}$ - коэффициент рельефности, учитывающий увеличение площади омываемой поверхности сложной конфигурации (табл.1.1); k_{np} - коэффициент, учитывающий просвет автомобиля, составляющий в среднем 11-13% от высоты автомобиля, $k_{np} = 0,87-0,89$; a - габарит приближения, $a = 2$ м.

8. Определить поверхность автомобиля, подлежащую очистке с учетом труднодоступных и экранированных зон:

$$F_a = 2(1 + k_{рел}) \cdot H_a \cdot L_a, \text{ м}^2. \quad (12)$$

9. Определить мощность насосной установки:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102 \cdot \eta_е}, \text{ кВт}, \quad (13)$$

где γ - удельный вес моющей жидкости, для воды $\gamma = 1000$ кг/м³; Q - подача насоса, м³/с; H - напор насоса, м; $\eta_е$ - к.п.д. насоса, % ($\eta_е = 25$ %).

10. Выбрать из таблицы 1.3 марку насоса в зависимости от мощности насосной установки.

Таблица 1.3

Марка насоса	ЦКВ-1117	ГР 16/40	ЦВ 5/105	ЦНС 38/220	ВК 0,7/12	ВКС 1,4/25
Мощность, кВт	8,5	12,4	14,2	23,6	3,0	7,5

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЩЕТОЧНЫХ УСТАНОВОК

Основными параметрами щеточных установок, определяющих эффективность и качество процесса мойки, являются: скорость вращения щетки, удельное давление на омываемую поверхность, свойства и толщина волокна щетки.

Согласно экспертным оценкам, оптимальная скорость вращения щеток составляет 180 - 800 об/мин, удельное давление щеток на омываемую поверхность не должно превышать 0,3 МПа, толщина волокна должна быть в пределах 0,25 – 0,30 мм. При указанных параметрах обеспечивается наилучшее качество мойки и наименьший износ лакокрасочного покрытия автомобиля.

Таким образом, при проектировании щеточных установок очень большое значение имеют характеристики применяемого щеточного материала. Причем свойства этого материала определяют и расход воды на мойку, так как кроме основной функции – удаления смытых загрязнений – вода расходуется и на «смазку» поверхности автомобиля и волокон щеток для предотвращения сухого трения и снижения износа лакокрасочных покрытий.

В настоящее время материалом щеток являются капроновые нити. В результате применения этого материала налагаются ограничения на значения отдельных параметров. На основе опыта проектирования и производства установок с капроновыми щетками, скорость вращения ограничивают величиной 150 - 175 об/мин, диаметр нитей выбирают в пределах 0,5 - 0,8 мм, так как при меньшем диаметре нити могут перепутываться и сваливаться. Диаметр ротационной щетки выбирается в пределах 1,0 - 1,5 м в рабочем состоянии, при этом отдельные по высоте элементы щетки могут иметь различные диаметры и параметры щетины в соответствии с различной формой и загрязненностью очищаемых поверхностей. При названных оптимизированных параметрах граничное значение усилия прижатия щеток к омываемой поверхности составляет приблизительно 150 Н (в этих условиях происходит скатывание волокон щетки в катушку). Поэтому усилие в зависимости от степени загрязненности поверхностей и скорости перемещения поверхности относительно моющей щетки выбирается в пределах 40 - 80 Н с предпочтением меньшего значения.

Современные щеточные материалы в виде волокон с расщепляющимися в «кисточку» концами имеют улучшенные характеристики, и диапазоны параметров установок в этом случае несколько отличны от приведенных.

Исходными данными для расчета являются:

- параметры обслуживаемого подвижного состава;
- требуемая производительность оборудования;
- характеристики используемых щеточных материалов;
- справочные и опытные данные.

Таблица 2.1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Вариант	Модель, марка автомобиля	Напор насоса Н, м	Число оборотов эл. двигателя $n_{дв}$
1	DAF XF 105.410	60	1320
2	КАМАЗ 6460-26010-63	55	1400
3	КАМАЗ 65116-913-62	52	1380
4	КАМАЗ 5460-066-63	58	1360
5	МАЗ 543208 022	50	1430
6	Mercedes-Benz Actros 1851 LS	48	1460
7	Mercedes-Benz Axor 1840 LS	55	1450
8	Урал 542362 0011	62	1500
9	КАМАЗ-5490	64	1470
10	КАМАЗ 5460-076-63	60	1440
11	МАЗ 6430А9-1320-010	58	1420
12	КАМАЗ 5460	56	1410
13	КАМАЗ 44108	45	1300
14	МАЗ 6430А9-1320-020	40	1380
15	МАЗ 6430А9-320-010	46	1530
16	MAN TGA 410	51	1460
17	МАЗ-5549	50	1450
18	КамАЗ-5511	53	1390
19	МАЗ 6430А9-320-020	49	1370
20	КАМАЗ 65221	43	1560
21	КрАЗ 6443	52	1470
22	MAN TGA 33.410	51	1400
23	Урал 44202 0511-41	48	1390
24	Урал 44202 0321-41	46	1520
25	КрАЗ 6446	44	1300

*Для данного автомобиля необходимо выбрать полуприцеп

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Рассчитать производительность щеточной установки.

$$П = \frac{V_{п} \cdot 60}{L_{CP} + a}, \text{ авт / час } , \quad (1)$$

где $V_{п}$ - скорость перемещения автомобиля на посту (скорость конвейера $V_{п} = 4$ м/мин); L_{CP} - средняя длина обслуживаемых автомобилей, м;
 a - габарит приближения, $a = 2$ м.

2. Определить диаметр и скорость вращения щеток.

Из опыта конструирования щеточных установок известно, что скорость вращения щеток должна находиться в определенном соотношении со скоростью перемещения автомобиля.

Наиболее эффективное соотношение между этими параметрами определяется опытной зависимостью:

$$i = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{V_n} = 110 \dots 130, \quad (2)$$

где D - диаметр цилиндрической щетки (по наружной поверхности в рабочем состоянии), м,

$$D = \frac{120 \cdot V_n}{\pi \cdot n}, \text{ м}, \quad (3)$$

где n - частота вращения щетки, об/мин.

При выбранных параметрах приводного двигателя и определенной скорости вращения щетки расчет сводится к выбору передаточного отношения редуктора, при этом частота вращения щетки составит:

$$n = \frac{n_{\text{дв}}}{I_p}, \text{ об/мин}, \quad (4)$$

где n - число оборотов приводного двигателя, об/мин; I_p - передаточное отношение редуктора ($I_p = 11,2$).

3. Определить силу прижатия вертикальных щеток (угол наклона стрелы).

При расчете щеточных моечных установок главным является определение силы прижатия щеток, что определяющим образом влияет на качество мойки, работоспособность установки, состояние лакокрасочного покрытия омываемой поверхности.

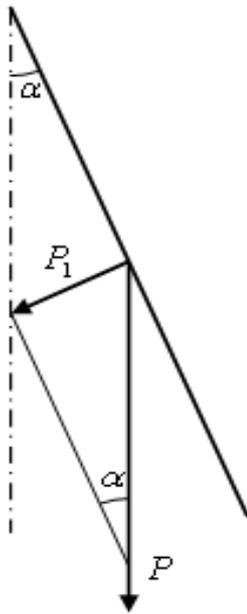
Исходными данными для расчета являются: частота вращения щетки, вес вала и щетки в сборе (определяющий инерционность всего узла).

Условия расчета определяются различием конструктивных решений механизма прижима: с помощью противовесов или специальным устройством с пневматическим, электрическим или иным приводом.

Расчетные формулы зависят от кинематики механизма и типа привода. Наиболее распространенным типом механизма прижима является противовес, т. е. прижатие щеткой осуществляется наклоном стрелы. Угол наклона стрелы рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \arcsin \frac{P_1}{P}; \quad \sin \alpha = \frac{P_1}{P} = \frac{50}{1700} = 0.0294; \quad (5)$$

$$\alpha = \arcsin 0.0294 = 1.69^\circ; \quad \alpha = 1^\circ 41'.$$



P_1 - потребное усилие прижатия, Н ($P_1 = 50$ Н);
 P - вес перемещаемого груза, Н ($P = 1700$ Н).

Рис. 2.1

Задаваясь углом наклона стрелы, при известной величине веса перемещаемого груза (P), можно получить требуемую силу прижатия щетки к боковой поверхности автомобиля.

4. Рассчитать количество сопел для подачи моющей жидкости.

$$n_c = \frac{Q \cdot \Pi}{60 \cdot Q_c}, \text{ шт}, \quad (6)$$

где Q - расход воды на мойку одного автомобиля ($Q = 250 \dots 300$ л/авт);
 Q_c - расход воды через одно сопло, л/мин.

$$Q_c = \frac{60 \cdot f \cdot V}{1000} = \frac{3 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot V}{200}, \text{ л/мин}, \quad (7)$$

где d - диаметр сопла, мм ($d = 1,5$ мм); f - площадь сопла, $f = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$, мм²;

V - скорость истечения струи из сопла $V = \mu \cdot \sqrt{2gH}$, м/с; μ - коэффициент истечения ($\mu = 0,7$); H - напор воды, м. вод. столба; g - ускорение свободного падения ($g = 9,81$ м/с²).

5. Определить расход воды через все сопла (подача насоса).

$$Q = Q_c \cdot n_c \cdot f, \text{ л/мин}, \quad (8)$$

где f - коэффициент запаса ($f = 1,1 \dots 1,3$).

Учитывая, что в щеточных моющих установках наряду с водой используют синтетические моющие средства для облегчения процесса мойки и снижения расхода моющей жидкости, необходимо рассчитать так называемый «ЭЖЕКТОР» - специальное устройство, в котором происходит перемешивание двух потоков: водяного и моющего состава (СМС) в единый поток моющей жидкости.

6. Расчет эжектора.

Исходные данные для расчета:

- напор моющей смеси H_m (напор насоса) – из исходных данных;
- снижение напора в эжекторе H_p , м. вод. столба,

$$H_p = 5 \text{ м};$$

- расход моющего или полирующего состава, л/с;

$$Q_{max} = 0.016 \text{ л / с} = Q'_0$$

$$Q_{min} = 0.0016 \text{ л / с} = Q''_0$$

- расход моющей жидкости через эжектор, л/с, ($Q_1 = 0,25 \text{ л/с}$).

Скорость потока моющей жидкости через эжектор:

$$V = \sqrt{2g(H_m + H_p)}, \text{ м/с} . \quad (9)$$

Скорость истечения моющего состава V_0 и моющей жидкости V определяется по формулам:

$$V_0 = \alpha \cdot V, \text{ м/с} ; \quad (10)$$

$$V_1 = \beta \cdot V, \text{ м/с} , \quad (11)$$

где α и β - примерные коэффициенты ($\alpha = 0,3$; $\beta = 1,016$).

Причем скорость истечения моющей жидкости V_2 определяется при минимальном и максимальном расходе моющего вещества:

$$V_{2min} = \frac{Q_1 V_1 + Q'_0 V_0}{Q_1 + Q'_0}, \text{ м/с} ; \quad (12)$$

$$V_{2max} = \frac{Q_1 V_1 + Q''_0 \cdot V_0}{Q_1 + Q''_0}, \text{ м/с} . \quad (13)$$

Затем принимается среднее значение V_2 .

По результатам гидравлического расчета определяются геометрические размеры эжектора.

Диаметр узкой части диффузора эжектора рассчитывается:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_1}{\pi \cdot V_1}}, \text{ мм.} \quad (14)$$

Диаметр канала подачи моющего вещества определяется:

$$d_0 = \sqrt{\frac{4Q'_0}{\pi \cdot V_0}}, \text{ мм.} \quad (15)$$

Диаметры горловины эжектора рассчитываются:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4}{\pi} \left(\frac{Q'_0}{V_0} + \frac{Q_1}{V_1} \right)}, \text{ мм;} \quad (16)$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4}{\pi} \left(\frac{Q_1 + Q'_0}{V_2} \right)}, \text{ мм.} \quad (17)$$

Таким образом, расчет конструкции щеточных моющих установок основан в большей степени на экспериментальных зависимостях и опытных данных. Уточнение параметров оборудования выполняется на стадии испытаний.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 **РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДЪЕМНО-ОСМОТРОВОГО** **И ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Цель работы: изучить основные характеристики подъемно-осмотрового оборудования, используемого для технического обслуживания и ремонта подвижного состава в АТП, произвести проверочные расчеты, определяющие условия их безотказной работы.

Производительность труда ремонтных рабочих и качество выполнения технического обслуживания и текущего ремонта подвижного состава в большей степени зависят от типа и технического состояния подъемно-транспортного оборудования, используемого на рабочих местах.

К основному подъемно-осмотровому оборудованию относятся: осмотровые каналы, подъемники и эстакады. К вспомогательным средствам относят домкраты, гаражные опрокидыватели и пр.

Для подъема и транспортирования автомобильных агрегатов и других грузов при ТО и ремонте автомобилей на АТП применяют передвижные и поворотные краны, грузовые тележки, подъемные ручные тали или электро-тельферы, перемещаемые по монорельсовым путям, кран-балки. Для пере-

движения автомобилей при организации ТО поточным методом применяют толкающие, несущие и тянущие конвейеры.

Наиболее прогрессивной конструкцией подъемных механизмов являются подъемники - комплекты передвижных стоек. Каждая из стоек обладает большой устойчивостью и может легко передвигаться одним человеком, набор таких стоек заменяет стационарный подъемник и обеспечивает общую суммарную грузоподъемность до 20 т. Для установки стоек не нужен основательный фундамент. Они могут использоваться там, где имеется ровная горизонтальная, прочная площадка, в том числе и вне гаража. Дают возможность освобождать производственную площадь.

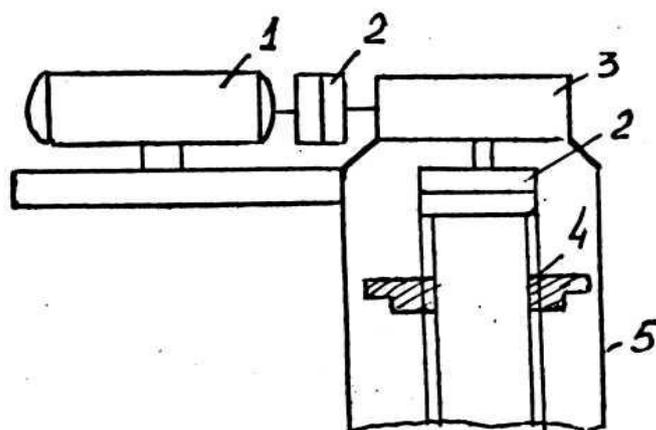


Рис. 3.1. Схема привода подъемника-стойки:

- 1 - электродвигатель, 2 - предохранительные муфты,
3 - червячный редуктор, 4 - передача "винт-гайка",
5 корпус стойки*

Вращение от электродвигателя через червячный редуктор передается на винт, по которому перемещается грузоподъемная гайка.

Поворотные консольные краны часто применяются в АТП для выполнения грузоподъемных работ. Они могут быть полноповоротными и с ограниченным радиусом поворота. Полноповоротными кранами являются подвесные краны и краны, расположенные на отдельной колонне.

Неполноповоротными обычно бывают настенные краны. Поворотные консольные краны, как правило, являются нестандартными и изготавливаются на месте силами предприятия. В их конструкции может быть применен любой тип подъемника (электрический, пневматический, ручной).

Полноповоротные краны, расположенные на отдельной опоре выполняются конструктивно с неподвижными и вращающимися колоннами. Краны, не имеющие верхних опор, крепят на фундаменте, вес которого должен быть достаточен для того, чтобы противостоять опрокидывающим усилиям.

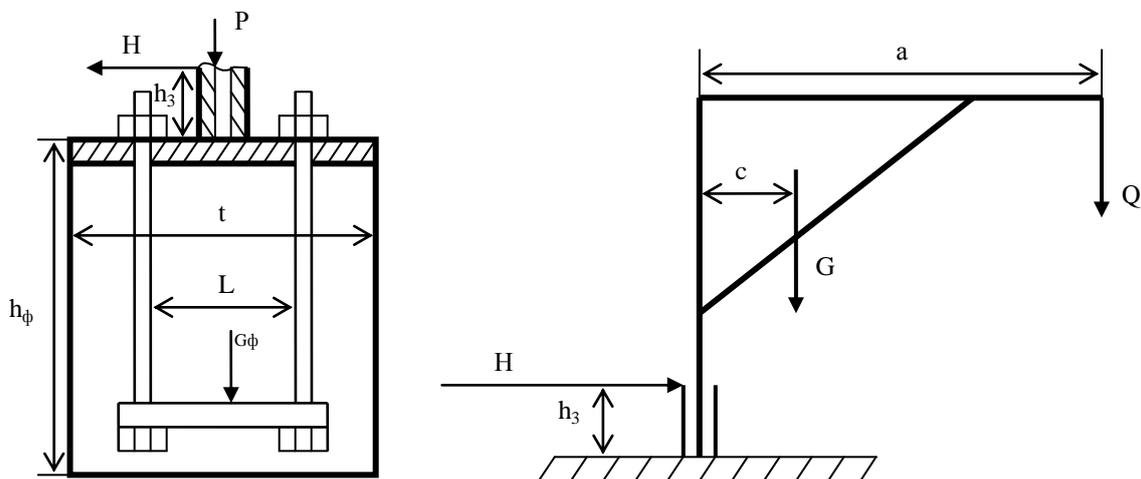


Рис. 3.2. Схема напольного крана на отдельной опоре

Таблица 3.1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Номер варианта	Марка автомобиля	Число оборотов привода эл. двиг., об/мин	Вес груза, поднимаемого краном, Н	Расстояние между болтами фундамента, м
1	ВАЗ-2110	1400	5500	0,2
2	Mitsubishi ASX	1400	5000	0,18
3	Hyundai HD170	1420	4700	0,3
4	BMW X6	1330	4900	0,22
5	Isuzu N-серия	1470	5700	0,25
6	ЗИЛ-4104	1500	6000	0,27
7	КАМАЗ 65115	1490	5300	0,2
8	ВАЗ-2121	1440	5800	0,23
9	Mitsubishi L200	1500	5900	0,15
10	ПАЗ-3204	1460	5800	0,24
11	Infiniti QX	1600	6300	0,25
12	МАЗ-206	1580	6100	0,27
13	T. Land Cruiser	1400	2600	0,28
14	КАМАЗ 5308	1390	3300	0,3
15	ЛАЗ-4202	1610	4060	0,19
16	ЛиАЗ-5293	1570	5200	0,22
17	Skoda Superb	1400	4710	0,21
18	КАВЗ-4238-45	1490	4900	0,32
19	УАЗ-3741	1480	5890	0,31
20	Honda Accord	1510	6000	0,29
21	КАМАЗ 43118	1470	8200	0,35
22	Volvo XC90	1570	7800	0,34
23	ЗИЛ-130	1530	7400	0,28
24	КАМАЗ-5320	1600	7300	0,25
25	ГАЗ 31105	1550	6500	0,22

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Расчет основных параметров передвижной стойки подъемника П-238

1.1. Определить скорость вращения винта передачи "винт-гайка"

$$n_g = \frac{n_{дв}}{i_{ч.р.}}, \text{ об/мин,} \quad (1)$$

где $n_{дв}$ - число оборотов приводного эл. двигателя, об/мин;

$i_{ч.р.}$ - передаточное отношение червячного редуктора, ($i_{ч.р.} = 16,5$).

1.2. Определить скорость подъема гайки (скорость вывешивания)

$$V = \left(\frac{n_g}{60} \right) \cdot S, \text{ м/сек,} \quad (2)$$

где S - шаг резьбы передачи "винт-гайка", ($S = 1,2 \text{ см} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ м}$).

1.3. Определить время подъема на заданную высоту

$$t_n = \frac{H}{V}, \text{ сек,} \quad (3)$$

где H - высота подъема ($H = 1,5 \text{ м}$).

1.4. Определить потребную мощность электродвигателя

$$N = \frac{QV}{102 \cdot \eta_{\Sigma}}, \text{ кВт,} \quad (4)$$

где Q - вес поднимаемого груза (принимается равным 1/4 веса автомобиля приведенного в исходных данных), Н;

η_{Σ} - суммарный К.П.Д. установки.

$$\eta_{\Sigma} = \eta_{ч.п.} \cdot \eta_{м}^2 \cdot \eta_{п.к.}^3 \cdot \eta_{в.п.},$$

где $\eta_{ч.п.}$ - к.п.д. червячной пары, ($\eta_{ч.п.} = 0,75 \dots 0,82$);

$\eta_{м}$ - к.п.д. предохранительной муфты, $\eta_{м} = 0,95 \dots 0,99$;

$\eta_{п.к.}$ - к.п.д. подшипников, $\eta_{п.к.} = 0,98$;

$\eta_{в.п.}$ - к.п.д. винтовой пары, $\eta_{в.п.} = 0,35 \dots 0,40$.

2. Расчет основных параметров подъемного крана, расположенного на отдельной платформе

Данные для расчета: Q - вес поднимаемого груза, Н;
 G - вес крана ($G = 2500$ Н);
 a - длина стрелы крана ($a = 1,5$ м);
 c - плечо центра тяжести крана ($c = 0,8$ м);
 h_3 - высота заделки шипа опоры ($h = 0,2$ м).

Из условия равновесия крана имеем:

$$Q \cdot a + G \cdot c = H \cdot h_3 . \quad (5)$$

Отсюда сила H , действующая горизонтально:

$$H = \frac{Q \cdot a + G \cdot c}{h_3}, \text{ Н} . \quad (6)$$

Вертикальная сжимающая сила P равна

$$P = Q + G, \text{ Н} . \quad (7)$$

2.1. Расчет фундаментных болтов

Проверим условие прочности болтов на срез от горизонтальной силы H :

$$\frac{H \cdot h_3}{\frac{z}{2} \cdot L} + \left(\frac{H}{\mu \cdot z} - P \cdot \mu \right) \cdot \beta \leq \frac{\pi d^2}{4} \cdot [\sigma_\sigma] , \quad (8)$$

отсюда диаметр фундаментального болта – d :

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot \left[\frac{H \cdot h_3}{\left(\frac{z}{2}\right) \cdot L} + \left(\frac{H}{\mu \cdot z} - P \cdot \mu \right) \cdot \beta \right]}{\pi \cdot [\sigma_\sigma]}}, \text{ м}, \quad (9)$$

где z - количество фундаментных болтов, ед., ($z = 8$);

L - расстояние между болтами, м;

μ - коэффициент трения плиты о фундамент, ($\mu = 0,5 \dots 0,7$);

β - коэффициент, учитывающий напряжение от крутящего момента при затяжке болта ($\beta = 1,35 \dots 1,5$);

$[\sigma_\sigma]$ - допускаемое напряжение в сечении болта,

$[\sigma_\sigma] = (40 \dots 50) 10^6 \text{ Н/м}^2$.

2.2. Расчёт фундаментной плиты

Кран устанавливают на фундамент с помощью фундаментной плиты. Плита рассчитывается на прочность от действия вертикальной силы P и момента $M = H \cdot h_3$.

$$\sigma = \frac{H \cdot h_3}{W} + \frac{\left(P + z \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot [\sigma_\sigma] \right)}{F}, \text{ Н/м}^2, \quad (10)$$

где W - момент сопротивления сечения основания плиты, $W = 180 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$;

F -площадь сечения основания плиты (учитывая, что плита имеет форму квадрата, принимаем $F = (2 \cdot L)^2$, м^3).

Допускаемые напряжения для плиты с двутавровым сечением или коробчатым сечением $[\sigma_\sigma] = (50 \dots 70) 10^6 \text{ Н/м}^2$. Опорная площадь фундаментной плиты F проверяется на условие прочности, на смятие соприкасающейся с ней поверхности фундамента:

$$F \cdot [\sigma_{см}] \geq P + z \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot [\sigma_{см}], \text{ м}, \quad (11)$$

где $[\sigma_{см}]$ - допускаемое напряжение смятия фундамента (для бетона $[\sigma_{см}] = (10 \dots 20) \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$, для кирпича на цементе $[\sigma_{см}] = (8 \dots 15) \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$).

2.3. Расчёт фундамента

Фундаменты кранов строят из бетона, бутобетона и из кирпича. Фундаменты выполняются в виде массивов с квадратными, прямоугольными или многоугольными основаниями. Боковые стенки фундамента делают вертикальными - при небольших размерах, расширяющимися внизу - при больших размерах. Размеры фундамента выбирают в зависимости от его веса и площади основания. Вес фундамента определяется по формуле:

$$G_\phi \geq \frac{\varepsilon \cdot H - \mu \cdot P}{\mu}, \text{ Н}, \quad (12)$$

где $\mu = 0,5-0,7$ - коэффициент трения;

$\varepsilon = 1,5-1,7$ - коэффициент запаса.

Площадь основания фундамента определяют из условия смятия грунта.

При определении площади основания вводятся допущения:

- 1) Фундамент опирается на грунт только своей подошвой, боковые поверхности совершенно свободны;
- 2) Напряжение под опорой распределяется равномерно.

$$\sigma_{max} = \frac{M}{W} + \frac{P + G_{\Phi}}{F} \leq [\sigma_{см}], \text{ Н/м}^2, \quad (13)$$

где F – площадь основания фундамента, м^2 .

$$M = H(h_3 + h_{\Phi}), \text{ Нм}, \quad (14)$$

где $[\sigma_{см}]$ – допускаемое давление на грунт, $([\sigma_{см}] = (2,5 \dots 3,0) \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2)$;

Как правило, площадь основания представляет собой квадрат. Длину основания фундамента проверяют на условие устойчивости крана:

$$M_{опр} = H(h_3 + h_{\Phi}) \leq \frac{1}{2}(P + G_{\Phi}) \cdot U, \text{ Нм}, \quad (15)$$

где $M_{опр}$ – опрокидывающий момент крана, Нм;

U – длина основания, $U = 2 \cdot L$.

Если $M_{опр} \geq \frac{1}{2}(P + G_{\Phi}) \cdot U$, то следует увеличить вес фундамента или его длину, либо уменьшить высоту фундамента.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОРНЫХ УСТРОЙСТВ ТЯГОВЫХ СТЕНДОВ** **С БЕГОВЫМИ БАРАБАНАМИ**

Цель работы: Определить основные конструктивные параметры опорных устройств тяговых стенов с беговыми барабанами.

Опорное устройство тягового стенов состоит из блока роликов, устройства въезда и выезда, инерционных масс (для инерционных и инерционно-силовых стенов), нагрузочного устройства (для силовых и инерционно-силовых стенов).

Конструкция блока роликов должна обеспечивать реализацию заданной тяговой силы на ведущих колесах при испытании; устойчивое расположение

автомобиля на стенде в процессе испытания; возможность самостоятельного выезда автомобиля после окончания испытаний; не допускать повышенного износа шин при испытаниях.

Соблюдение этих требований зависит от схемы расположения роликов (симметричная или несимметричная), расположения рабочего ролика относительно колеса автомобиля (переднее или заднее), коэффициента сцепления ϕ между поверхностями шин и ролика, диаметра роликов и расстояния между ними.

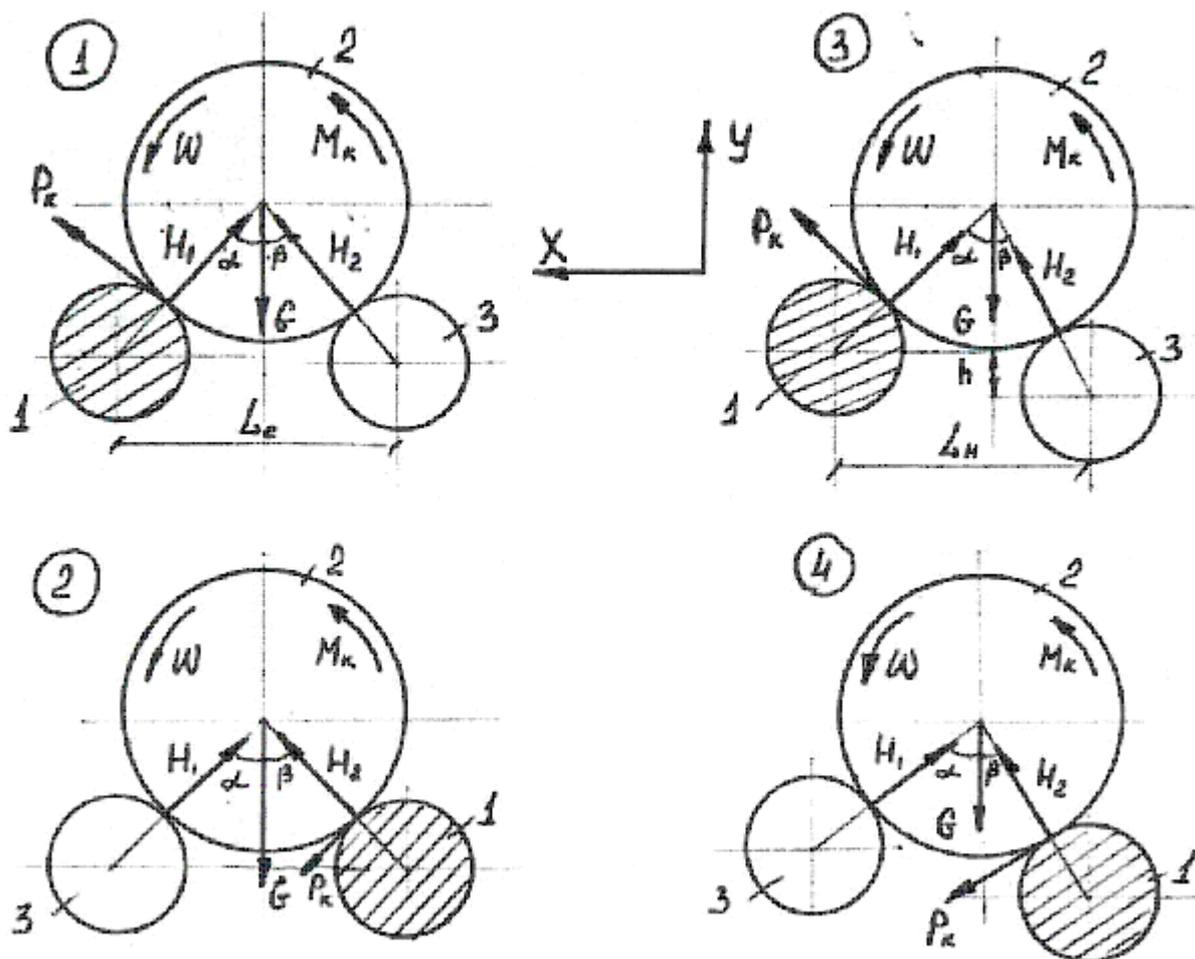


Рис. 4.1. Схемы расположения роликов:

1 - рабочий ролик стенда; 2- ведущее колесо автомобиля;

3- свободный (поддерживающий) ролик стенда;

M_k - крутящий момент; L_c и L_H - межосевое расстояние роликов;

G - вертикальная нагрузка на колесо; P_k - тяговое усилие на колесо;

H_1 и H_2 - реакции на роликах стенда

Схемы расположения роликов приведены на рис. 4.1. Возможно симметричное расположение роликов, когда они находятся на одном уровне и соответственно $\alpha = \beta$ (схемы 1 и 2), и несимметричное, когда один из роликов выше второго, чаще всего $\alpha > \beta$ (схемы 3 и 4).

Один из роликов опорного устройства является рабочим (на схемах заштрихован), он связан кинематически с нагрузочным устройством (в силовом стенде) или маховыми массами (в инерционном стенде), второй является холостым (свободным, поддерживающим). Крайне редко встречаются стенды, в которых оба ролика рабочие.

Таблица 4.1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Номер варианта	Модель автомобиля	Номер схемы	α	β
1	Mercedes E250	Схема 1	27	--
2	BMW 116i	Схема 2	28	--
3	ГАЗ 31105	Схема 3	29	25
4	ВАЗ 2110	Схема 4	30	26
5	BMW 320i	Схема 4	31	24
6	BMW 116i	Схема 3	30	25
7	ГАЗ 31105	Схема 2	32	--
8	ВАЗ 2112	Схема 1	30	--
9	Mercedes E250	Схема 2	29	--
10	BMW 116i	Схема 3	27	25
11	ГАЗ 31105	Схема 4	31	27
12	ВАЗ 2115	Схема 1	32	--
13	BMW 320i	Схема 3	27	23
14	BMW 116i	Схема 4	28	25
15	ГАЗ 31105	Схема 1	29	--
16	ВАЗ 2113	Схема 2	31	--
17	BMW 320i	Схема 4	33	28
18	BMW 116i	Схема 3	34	29
19	ГАЗ 31105	Схема 2	33	--
20	ВАЗ 2110	Схема 1	34	--
21	Mercedes E250	Схема 1	34	--
22	BMW 116i	Схема 2	35	--
23	ГАЗ 31105	Схема 3	32	25
24	ВАЗ 2112	Схема 4	34	26

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определить условие реализации тяговой силы

Условие реализации тяговой силы определяется схемой расположения роликов, а также углами α, β , коэффициентом сцепления φ .

Обычно, тяговые стенды рассчитывают на реализацию максимально возможной тяговой силы при испытаниях автомобиля на прямой передаче. Такой режим принят исходя из основного назначения стенда – определения параметров тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобиля, а также с целью устранения повышенных нагрузок на силовую передачу автомобиля и стенд. Однако, при необходимости на стенде могут проводиться испытания на любой передаче, и в этом случае стенд должен быть рассчитан на реализацию заданной тяговой силы, развиваемой на колесах на этих передачах.

Условия реализации заданного тягового усилия рассмотрим на примере схем 1 и 2. С целью упрощения анализа особенностей взаимодействия ведущего колеса автомобиля с роликами стенда не учитываются деформации шины от вертикальной нагрузки и тяговой силы, а также сопротивление качению; колесо предполагается отделенным от остова автомобиля и не закрепленным на стенде; направления осей координат X и Y , а также направления действия крутящего момента M_k , угловой скорости вращения колеса ω показаны на рис. 4.1.

Тогда условия равновесия колеса на стенде для схемы 1 примут вид:

$$\begin{aligned}\sum X &= P_k \cos \alpha - H_1 \sin \alpha + H_2 \sin \alpha = 0; \\ \sum Y &= P_k \sin \alpha + H_1 \cos \alpha + H_2 \cos \alpha - G = 0,\end{aligned}\tag{1}$$

где G -вертикальная нагрузка на колесо (равная половине полной массы автомобиля, приходящейся на ведущий мост), H ;

H_1 и H_2 -нормальные реакции на колесо со стороны переднего и заднего роликов, H ;

P_k - тангенциальная реакция на колесо со стороны рабочего ролика; можно считать, что она численно равна окружному усилию ведущего колеса, т.е. тяговому усилию, H .

Из условия равновесия колеса на стенде:

$$\begin{aligned}H_1 &= G / 2 \cos \alpha + P_k / \operatorname{tg} 2\alpha; \\ H_2 &= G / 2 \cos \alpha - P_k / \sin 2\alpha.\end{aligned}\tag{2}$$

При нерабочем состоянии стенда $P_k = 0$ и $H_1 = H_2 = G / 2 \cos \alpha$.

Аналогично для схем 2 могут быть получены следующие зависимости:

$$\begin{aligned} H_1 &= G / 2 \cos \alpha + P_k / \sin 2\alpha; \\ H_2 &= G / 2 \cos \alpha + P_k / \operatorname{tg} 2\alpha. \end{aligned} \quad (3)$$

Таким образом, в обоих случаях, т.е. при переднем и заднем рабочих роликах, передний нагружается большей нормальной силой, чем задний. Это справедливо для всех углов, удовлетворяющих условию $\alpha < 45^\circ$. Следует отметить, что стенды с углами $\alpha > 45^\circ$ не применяются.

Максимальная тяговая сила $P_{k \max}$, которую можно реализовать на стенде по условиям сцепления зависит от нормальной реакции и коэффициента сцепления ($\varphi = 0,5$):

$$P_{k \max} = H_1 \cdot \varphi \quad \text{для схем 1 и 3;} \quad (4)$$

$$P_{k \max} = H_2 \cdot \varphi \quad \text{для схем 2 и 4.} \quad (5)$$

Поэтому, при выборе в качестве рабочего переднего ролика можно реализовать тяговую силу вследствие его догружения (большую по условию сцепления). Выражения для определения $P_{k \max}$ и соответствующих им значений H_1 и H_2 для рассмотренных схем приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Определение реализуемой тяговой силы и нормативных реакций при расчете тяговых стендов

Схема	Расчетная формула для определения		
	H_1	H_2	$P_{k \max}$
Схема 1	$\frac{G \sin \alpha}{\sin 2\alpha - \varphi \cos 2\alpha}$	$\frac{G(\sin \alpha - \varphi \cos \alpha)}{\sin 2\alpha - \varphi \cos 2\alpha}$	$\frac{G\varphi \sin \alpha}{\sin 2\alpha - \varphi \cos 2\alpha}$
Схема 2	$\frac{G(\sin \alpha + \varphi \cos \alpha)}{\sin 2\alpha + \varphi \cos 2\alpha}$	$\frac{G \sin \alpha}{\sin 2\alpha + \varphi \cos 2\alpha}$	$\frac{G\varphi \sin \alpha}{\sin 2\alpha + \varphi \cos 2\alpha}$
Схема 3	$\frac{G \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta) - \varphi \cos(\alpha + \beta)}$	$\frac{G(\sin \beta - \varphi \cos \beta)}{\sin(\alpha + \beta) - \varphi \cos(\alpha + \beta)}$	$\frac{G\varphi \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta) - \varphi \cos(\alpha + \beta)}$
Схема 4	$\frac{G(\sin \alpha + \varphi \cos \alpha)}{\sin(\alpha + \beta) + \varphi \cos(\alpha + \beta)}$	$\frac{G \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta) + \varphi \cos(\alpha + \beta)}$	$\frac{G\varphi \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta) + \varphi \cos(\alpha + \beta)}$

При определении конструктивных параметров блока роликов по заданному значению тяговой силы, которую требуется реализовать на стенде, выбирают схему расположения роликов и определяют с помощью табл. 4.2 значения углов α и β . При заданных радиусах ролика (r_p) и колеса (r_k) определяют расстояние между осями роликов:

$$\text{для симметричных: } L_c = 2(r_p + r_k) \sin \alpha ; \quad (6)$$

$$\text{для несимметричных: } L_H = (r_p + r_k)(\sin \alpha + \sin \beta) ; \quad (7)$$

$$h = (r_p + r_k)(\cos \beta - \cos \alpha) . \quad (8)$$

Значения нормальных реакций H_1 и H_2 необходимы при определении конструктивных параметров блока роликов (расчеты на прочность роликов, их валов, выбор подшипников опор и т.п.). Кроме того, значения реакций H_1 и H_2 помогают оптимально распределить инерционные массы между роликами инерционного стенда. Чтобы исключить проскальзывание колес относительно роликов, общая инерционная масса должна распределяться между роликами в соответствии с распределением нормальных реакций.

Различные схемы стендов сравниваются между собой в части реализуемой ими тяговой силы по коэффициенту использования нагрузки q_k , который представляет собой отношение максимальной тяговой силы $P_{k \max}$ к вертикальной нагрузке на колесо G .

Значения угла α в стендах колеблются от 27° до 40° . Углы меньше 27° не обеспечивают устойчивость автомобиля, а углы больше 40° не используются по конструктивным соображениям. Для этих значений угла α наибольшее значение коэффициента использования нагрузки будет при схеме 1 с передним ведущим роликом, которая наиболее оптимальна и часто используется в тяговых стендах.

2. Определить условие устойчивого положения автомобиля на стенде

Условие устойчивого положения автомобиля на стенде характеризуется постоянством контакта шины с обоими (передним и задним) роликами в процессе испытания. Выполнение этого условия исключает возможность случайного выезда автомобиля со стенда под действием тяговой силы (устойчивость в продольном направлении), а также ограничивает перемещение колес ведущего моста, установленного на стенде, вдоль роликов (устойчивость в поперечном направлении).

Под действием тяговой силы автомобиль в процессе испытания пытается выехать со стенда в направлении движения, т.е. через передний ролик. Нормальная реакция H_2 заднего ролика при этом уменьшается. Как следует из табл. 4.2 для схем с передними (1 и 3) рабочими роликами реакция H_2 обращается в нуль при значениях угла, соответствующих значению $\operatorname{tg} \alpha = \varphi$. При этом колесо теряет контакт с задним роликом и автомобиль может перекатиться через передний ролик и самостоятельно съехать со стенда. Следовательно, не-

равенство $\operatorname{tg}\alpha > \varphi$ надо рассматривать как условие устойчивого (в продольном направлении) положения автомобиля на стенде с передним рабочим роликом.

Для схем 2 и 4, как следует из табл. 4.2, при любых значениях угла α $H_2 > 0$. Таким образом, схемы с задним рабочим роликом всегда обеспечивают устойчивое положение автомобиля на стенде, что надо отнести к их положительным свойствам.

Устойчивость положения автомобиля на стенде в поперечном направлении обеспечивается за счет установки (горизонтальной и параллельной) роликов. Допускаемое отклонение от горизонтального положения и отклонение от параллельности роликов не должны превышать 0,4 – 0,8 мм по длине 1 м.

Ролики левой и правой сторон должны быть соосными (отклонение не более 1 мм). Чтобы избежать скатывания автомобиля с роликов при поперечном перемещении ведущего моста, стенды обычно снабжают отбойными роликами, установленными по краям рабочих роликов с одной или обеих сторон. При испытании на стенде автомобилей с управляемым ведущим мостом наличие таких роликов обязательно, так как автомобиль резко смещается вдоль роликов даже при незначительных поворотах рулевого колеса. Положение таких роликов можно регулировать, перемещая их вдоль рабочих роликов стенда по направляющим, и фиксировать в нужном положении, соответствующем колее испытываемого автомобиля. В процессе испытаний автомобиля в таких условиях практически всегда, по крайней мере, одно из колес касается отбойного (ориентирующего) ролика, что вызывает дополнительные потери, которые необходимо учитывать при определении мощности двигателя.

3. Определить условие самостоятельного выезда автомобиля со стенда

Условие самостоятельного выезда автомобиля со стенда под действием тяговой силы через застопоренный передний ролик без специальных подъемных устройств обеспечивается при $\operatorname{tg}\alpha < \varphi$. Это означает, что для схем с передним или обоими рабочими роликами условие устойчивого положения и условие самостоятельного выезда противоречат друг другу и не могут быть удовлетворены одновременно.

Для схем с задним роликом при любых значениях угла удовлетворяются одновременно условия устойчивости и самостоятельного выезда.

Для несимметричных схем при выезде автомобиля назад (при установке стенда на тупиковом посту) также удовлетворяются одновременно условия устойчивости и выезда.

Стенды, на которых самостоятельный выезд автомобиля невозможен, должны быть оборудованы специальными подъемными устройствами (площадки с пневмоприводом), что несколько усложняет их конструкцию.

4. Определить условие устранения повышенного износа шин

Условие устранения повышенного износа шин обеспечивается правильным выбором диаметра роликов и режима испытаний. Стенды с опорой колеса на два ролика небольшого диаметра имеют ряд преимуществ по сравнению со стендами, в которых колесо опирается на один барабан большого диаметра (меньшие габаритные размеры, масса, отсутствуют специальные приспособления, удерживающие автомобиль). Однако работа шины, опирающейся на два ролика, сопровождается повышенной деформацией и, как следствие, сильным нагревом шины. При этом необходимо ограничивать скорость и длительность испытаний.

От правильного выбора диаметра роликов зависит износ шин при испытаниях на стенде и условия имитации дорожных сопротивлений. Уменьшение диаметра роликов, которое объясняется стремлением снизить габаритные размеры и массу стенда, приводит к повышению деформации и проскальзыванию шин и, следовательно, к увеличению их износа. При соотношении $r_p / r_k = 0.4$ потери на проскальзывание вдвое выше, чем на дороге. В связи с чем диаметр роликов рекомендуется принимать $r_p = (0.4...0.6) \cdot r_k$.

В тяговых стендах для эксплуатационных испытаний диаметр роликов колеблется в пределах от 240 до 500 мм, соответствующих соотношению r_p / r_k от 0,4 до 0,9 для автомобилей различных моделей. Ролики диаметром 318,3 мм (длина окружности равна 1 м) удобны при измерениях пройденного пути. В соответствии с ГОСТ 26899-86 диаметр роликов должен быть не менее 240 мм.

Для снижения нагрева шин рекомендуется повышать давление воздуха в шине, однако это мероприятие требует дополнительного времени и при эксплуатационных испытаниях его выполнять нецелесообразно. Кроме того, это может привести к увеличению проскальзывания и износа шин. Рекомендуется также обдувать шины, для чего вентилятор, входящий в комплект стенда, снабжают специальным направляющим устройством. Ограничивают также скорость испытания в зависимости от диаметра роликов (до 100 км/час).

5. Выбор схемы и параметров блока роликов

Выбор схемы и параметров блока роликов для той или иной марки автомобиля проводят с учетом всех требований, предъявляемых к блоку роликов в отношении реализуемой на нем тяговой силы, обеспечения устойчивости и самостоятельного выезда, снижения износа шин. Следует учитывать также направление движения автомобиля при въезде на стенд и съезде с него.

Возможности стенда, в отношении реализации тяговой силы, характеризуются коэффициентом использования нагрузки q_k . Тяговую силу на ведущих колесах автомобиля, которую требуется реализовать при испытании, удобно оценить q_k^1 – отношением максимального значения тяговой силы автомобиля по крутящему моменту двигателя на данной передаче к нагрузке на ведущий мост автомобиля в снаряженном состоянии. Следовательно, для реализации на стенде заданной тяговой силы необходимо выполнение условия $q_k > q_k^1$. Требуемые значения q_k^1 для ряда отечественных автомобилей при реализации тяговой силы на прямой передаче приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Значения q_k^1 для некоторых моделей автомобилей

Марка автомобиля	q_k^1
Mercedes E250	0,34
BMW 116i	0,28
ГАЗ 31105	0,27
ГАЗ 14	0,25
ГАЗ 53А	0,21
ЗИЛ 130	0,20
МАЗ 5335	0,25
ЛАЗ 695Н	0,11

Приведенные значения q_k^1 реализуются на стенде, выполненном по схеме 1 с гладкими стальными роликами ($\varphi = 0,5$). При расстоянии между роликами, соответствующем значению $\alpha = 27^\circ \dots 30^\circ$ ($\operatorname{tg}\alpha > \varphi$), стенд обеспечивает значение $q_k = 0,40 \dots 0,43$ и удовлетворяет условию устойчивости. Таковую схему используют наиболее часто в современных стендах.

Конструктивно блок роликов обычно состоит из двух пар симметрично расположенных роликов, на каждую из которых опираются колеса ведущего моста. Встречаются стенды, содержащие три ролика, из которых один сплошной на два колеса (в него встроено нагрузочное устройство – гидротормоз) или даже два ролика.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

РАСЧЁТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАЗБОРОЧНО-СБОРОЧНЫХ РАБОТ

Цель работы: Изучение методики расчёта ручного инструмента, используемого при выполнении разборочно-сборочных работ в процессе ТО и ремонта подвижного состава.

Резьбовые соединения в автомобилях являются наиболее распространённым видом соединений деталей и узлов. На некоторых типах подвижного состава они составляют от 70 до 80% всех соединений. Трудоёмкость сборки - разборки резьбовых соединений при капитальном ремонте автомобилей составляет 35-55% от общей трудоёмкости разборочно-сборочных работ.

Оборудование и инструмент, применяемые для разборки-сборки подвижного состава, могут быть разделены в зависимости от их применения на универсальные и нестандартные (специальные), используемые для какого-нибудь одного соединения. Инструмент можно также классифицировать в зависимости от способа приведения его в действие - на ручной и механический.

В качестве ручного инструмента при ТО и ремонте подвижного состава применяются различного вида стандартные отвёртки и ключи.

Таблица 5.1

Исходные данные

<i>Вариант</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Размер резьбы	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M22	M20	M18	M16
<i>Вариант</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>
Размер резьбы	M12	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M16	M18	M12

Таблица 5.2

Величины крутящих моментов для сборки резьбовых соединений

Размер резьбы	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24
Крутящие моменты, Нм	3,0-3,5	5-6	8-9	12-14	14-17	20-23	28-32	36-40

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Методика расчета открытого гаечного ключа

1.1. Определить усилие, прикладываемое рабочим (слесарем) при выполнении разборочно-сборочных работ:

$$Q = M_{кр} / L, \text{ Н}, \quad (1)$$

где Q - усилие руки рабочего, Н;

$M_{кр}$ - величина крутящих моментов (табл. 5.2), Нм;

L - длина рукоятки ключа, м;

Длину рукоятки ключа принимают по конструктивным соображениям.

Обычно $L=(10\dots12)\cdot d$, а вся длина ключа до 15d, где d - диаметр болта, м.

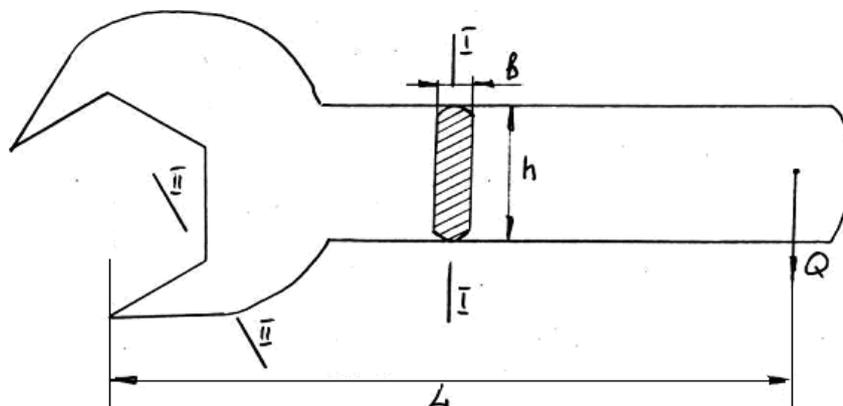


Рис.5.1

1.2. Проверить рукоятку ключа на прочность по изгибающему моменту:

$$\sigma_u = \frac{6 \cdot M_{кр}}{b \cdot h^2} < [\sigma_u], \text{ Н/м}^2, \quad (2)$$

где b - толщина ключа, м $b = 7 \cdot 10^{-3}$ м;

h - ширина ручки ключа, м; $h = 30 \cdot 10^{-3}$ м;

$[\sigma_u]$ - допускаемое напряжение, Н/м² $[\sigma_u] = (50\dots60) \cdot 10^6$ Н/м².

1.3. Проверить головку ключа на изгиб в сечении II - II:

$$\sigma_u = \frac{M_{кр}}{W_u} < [\sigma_u], \text{ Н/м}^2, \quad (3)$$

где W_u - момент сопротивления при изгибе, $W_u = (40\dots60) \cdot 10^{-7}$ м³.

2. Методика расчета динамометрического гаечного ключа

Динамометрические ключи применяются в тех случаях, когда требуется равномерная натяжка болтовых соединений. Как правило, это бывают соединения, требующие герметичности, работающие при больших переменных нагрузках, например, головки блока двигателей. Динамометрические ключи разделяются на две группы. Первая группа - динамометрические ключи, автоматически выключающиеся при достижении заданного крутящего момента. Вторая группа - динамометрические ключи с указателем, показывающим величину приложенного крутящего момента.

2.1. Расчет динамометрического ключа первой группы

2.1.1. Определить окружное усилие, прикладываемое к ключу при реализации заданного крутящего момента:

$$Q = \frac{M_{кр}}{r_{cp}}, \text{ Н}, \quad (4)$$

где Q - окружное усилие, прикладываемое к рукоятке ключа, Н;

r_{cp} - длина рукоятки ключа, $r_{cp} = (15...25) \cdot 10^{-2}$ м.

2.1.2. Определить силу P , сжимающую пружину:

$$P = \frac{Q}{tq\varphi}, \text{ Н}, \quad (5)$$

где φ - угол подъема витков пружины ($\varphi = 45... 60^\circ$).

2.1.3. Определить основные параметры пружины:

а) диаметр проволоки пружины:

$$d = \frac{\pi \cdot [\tau_k] \cdot D^2 \cdot i}{G \cdot f_n}, \text{ м}, \quad (6)$$

где $[\tau_k]$ - допустимое напряжение проволоки на кручение,

$[\tau_k] = (35...45) \cdot 10^7$, Н/м²;

D - средний диаметр пружины, $D = (20...25) \cdot 10^{-3}$, м;

i - число витков пружины; $i = I_{раб.} + I_{опорн.}$

$I_{раб.}$ - число рабочих витков пружины (6...8);

$I_{опорн.}$ - число опорных витков пружины, ($I_{опорн.} = 1.5$);

G - модуль упругости сдвига, $G = 8.1 \cdot 10^{10}$, Н/м²;

f_n - полная деформация пружины, м;

$$f = f_o + f_p$$

f_o - предварительное сжатие пружины, м $f_o = (0,9...1,2) \cdot D$;

f_p - рабочее сжатие пружины, $f_p = 5,3 \cdot 10^{-3}$, м.

б) длина пружины в свободном состоянии

$$L_{св.} = (d + \Delta) \cdot i + 1,5d + f_n, \text{ м}, \quad (7)$$

где Δ - зазор между витками сжатой пружины, $\Delta = (0,6...0,8) \cdot 10^{-3}$, м.

Сжимая и разжимая пружину, можно регулировать предельный крутящий момент, передаваемый ключом.

2.2. Расчет динамометрического гаечного ключа второй группы

Ключи данной группы обычно выполняются с упругим стержнем, который изгибается в зависимости от величины приложенного крутящего момента.

2.2.1. Определить деформацию стержня

При прикладывании усилия деформация стержня должна быть значительной, поэтому форма сечения стержня обычно имеет вид прямоугольника с большой шириной и малой высотой:

$$f = \frac{Q \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}, \text{ м}, \quad (8)$$

где f - деформация стержня, м;

Q - сила, прикладываемая рабочим, Н;

L - длина упругого стержня, м ($L = 0,3...0,4$ м);

E - модуль упругости, (для стали $E = 2,05 \cdot 10^{11}$ Н/м²);

I - момент инерции стержня, м⁴.

Для прямоугольного сечения стержня:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}, \text{ м}^4, \quad (9)$$

где b - высота сечения, м ($b = 5 \cdot 10^{-3}$ м);

h - ширина сечения, м ($h = 20 \cdot 10^{-3}$ м).

2.2.2. Определить крутящий момент на затягиваемой гайке

$$M_{кр} = Q \cdot L, \text{ Нм}. \quad (10)$$

После определения крутящего момента необходимо сравнить с табличным значением (табл.5.2 для соответствующего исходным данным размера резьбы).

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УНИВЕРСАЛЬНОГО СЪЕМНИКА

Цель работы: Изучить методику расчета основных параметров универсального винтового съемника, предназначенного для снятия и установки определенных деталей и узлов автомобилей при ремонте и техническом обслуживании.

Съемник универсальный предназначен для снятия зубчатых колес, подшипников, ступиц шкивов и других деталей с агрегатов (узлов) автомобилей при ремонте и техническом обслуживании.

При установке (или съеме) подшипников на вал и в корпус обязательным является выполнение условия: осевую силу необходимо прикладывать непосредственно к тому кольцу, которое напрессовывают (или снимают). Недопустимо при монтаже и демонтаже подшипника силу передавать через тела качения (шарики или ролики). В противном случае на дорожках и телах качения могут появиться вмятины.

Для демонтажа подшипников используют винтовые съемники: с двумя или с тремя откидными тягами. Места установки подшипников должны быть конструктивно разработаны так, чтобы можно было удобно работать съемниками. При удалении подшипника из корпуса его нужно захватывать за наружное кольцо, а при снятии с вала – за внутреннее. Чтобы можно было захватить тягами съемника кольцо подшипника, высота заплечика не должна быть чрезмерно большой. Минимальный размер t_1 внутреннего и t_2 наружного выступающего торца кольца подшипника, предназначенного для демонтажа, приведен в табл. 6.1.:

Таблица 6.1

Диаметр вала d , мм	до 15	св. 15 до 50	св. 50 до 100
$t_1 = t_2$, мм	1	2	3.5

При высоких заплечиках нужно предусматривать пазы для размещения тяг съемника. Для размещения тяг съемника при удалении наружного кольца

подшипника из глухого отверстия предусматривают свободное пространство $a \approx (0.4...0.5) \cdot C$, где C – ширина кольца подшипника.

Съемник универсальный (рис. 6.1) состоит из воротка, силового винта, 2-х лапок и траверсы.

На лапках и траверсе имеются сквозные дополнительные отверстия. Они предназначены для регулировки высоты лапок относительно силового винта и для уменьшения (увеличения) диаметра захвата лапок относительно траверсы.

Принцип действия прост. Установить нужную высоту и диаметр захвата лапок под снимаемую деталь, выкрутить силовой винт и установить его по центру к снимаемой детали, затем произвести захват лапками. Вращать вороток по часовой стрелке, а затем снять деталь. Съемник нужно устанавливать строго по центру к снимаемой детали, во избежание облома лапок и соскальзывания с детали.

Таблица 6.2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

<i>Вариант</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Размер резьбы	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M10	M12	M14	M16	M18	M20
<i>Вариант</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>19</i>	<i>20</i>	<i>21</i>	<i>22</i>	<i>23</i>	<i>24</i>
Размер резьбы	M12	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M10	M10	M12	M18	M12

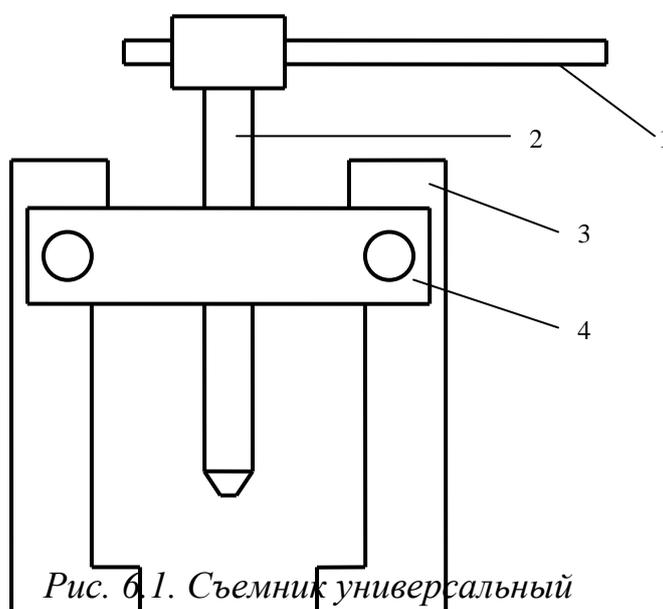


Рис. 6.1. Съемник универсальный

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Расчет резьбового соединения

Осевая сила на винте

$$F_0 = \frac{F_p \cdot l_p}{0.2 \cdot d}, \text{ Н}, \quad (1)$$

где F_p - сила на рукоятке воротка, Н ($F_p = 200$ Н);

l_p – длина рукоятки воротка, мм ($l_p = 250$ мм);

d – номинальный диаметр резьбы, мм.

Расчетный диаметр резьбы

$$d_p = d - 0.94 \cdot p, \text{ мм}, \quad (2)$$

где p – шаг резьбы, мм ($p = 2$ мм).

Расчетная сила на винте

$$F_{расч} = K_{зат} \cdot F_0, \text{ Н}, \quad (3)$$

где $K_{зат}$ - коэффициент затяжки, $K_{зат} = 1,3$ для метрической резьбы

Эквивалентное напряжение в винте

$$\sigma^{экр} = \frac{(4 \cdot F_{расч})}{(\pi \cdot d_p^2)}, \text{ МПа}; \quad (4)$$

$$\sigma^{экр} \geq [\sigma_{сж}].$$

Допускаемое напряжение сжатия

$$\sigma_{сж} = \frac{[\sigma_m]}{n}, \text{ МПа}, \quad (5)$$

где $[\sigma_m]$ - предел текучести материала, МПа $[\sigma_m] = 320$ МПа для стали 35;

n – требуемый коэффициент запаса прочности, $n = 4$ при постоянной нагрузке.

Винт испытывает сжатие, то во избежание продольного изгиба необходимо обеспечить запас устойчивости:

$$n_y = \frac{F_{a_кр}}{F_0} \geq [n_y], \quad (6)$$

где $[n_y] \geq 4$ - запас устойчивости;

$F_{a_кр}$ - критическая нагрузка, Н;

F_0 – осевая нагрузка на винт, Н.

По формуле Эйлера (при $\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i} \geq \lambda_{пред}$)

$$F_{a_кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(\mu \cdot l)^2}, \text{ Н}, \quad (7)$$

где $F_{a_кр}$ - критическая нагрузка, Н;

$E \cdot I$ - жесткость при изгибе, Нм^2 ($2 \cdot 10^{11}$);

μ - коэффициент длины, $\mu=0.5$;

λ - гибкость винта ($\lambda_{пред}=100$);

i - радиус инерции сечения винта, мм ($i=d_1/4$).

Проверить условие устойчивости винта $n_y > [n_y]$.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

РАСЧЁТ УРОВНЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И РЕМОНТА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Цель работы: Определить уровень механизации и степень охвата механизированным трудом рабочих отдельных зон и участков АТП.

Под механизацией производственного процесса понимается замена ручного труда работой машин и механизмов, а также замена менее совершенных машин и механизмов более совершенными.

При определении уровня механизации все работы ТО и ТР по способу их производства распределяются на механизированные, механизированно-ручные и выполняемые вручную.

К механизированным работам относятся процессы (операции) выполняемые при помощи машин и механизмов, имеющих электрические, гидравлические и пневматические приводы. При этом управление машинами и механизмами, а также выполнение вспомогательных процессов и операций осуществляется вручную. Примером механизированного производства работ является применение механизированных моечных установок, конвейеров для перемещения автомобилей, подъемников для вывешивания автомобилей, диагностических стендов, металлообрабатывающих станков и др.

К механизированно-ручным работам относятся процессы (операции), выполняемые с применением механизированного инструмента, приборов и аппаратуры, имеющих вышеназванный привод, причём механизуются отдельные наиболее трудоёмкие операции с сохранением значительной доли

ручного труда (применение установок для шланговой мойки автомобилей, маслораздаточного оборудования, электрогайковёртов и др.).

К ручным работам относятся процессы (операции), выполняемые при помощи простейших орудий труда (молотка, отвёртки, ручной дрели), а также работы, выполняемые с помощью ручных тележек, домкратов, съёмников, стенов, подъёмных кранов и другого оборудования, не имеющего привода от специального источника энергии.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходные данные выдаются индивидуально каждому студенту.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для расчёта уровня механизации и степени охвата рабочих механизированным трудом производственных зон и участков необходимо:

- определить численность рабочих зоны или участка (выдаётся в задании);
- составить перечень и установить количество оборудования, применяемого на данном участке или зоне (выдаётся в задании);
- определить характеристики применяемого технологического оборудования (используются различные пособия и справочники);
- распределить рабочих по видам используемого оборудования;
- установить численные значения коэффициентов механизации оборудования (К) и простейшей механизации (И).

Для удобства и наглядности расчётов рекомендуется использовать следующую таблицу:

Таблица 7.1

Оборудование	Число единиц оборудования	Р	Рм	Р _{мр}	Р _р	К	И
1.							
2.							
3.							
.....							
N							
N+1.							
прочее немеханизованное оборудование							
Итого:							

1. Распределить рабочие зоны или участки по имеющемуся на нём технологическому оборудованию.

Распределение производится на основе технологии выполнения работ и времени работы конкретного образца оборудования.

2. В зависимости от оборудования распределить рабочие участки или зоны на группы, занятые механизированным трудом (Рм), механизированно-ручным трудом (Рмр) и ручным трудом (Рр).

3. Определить численные значения коэффициентов К и И.

Значения коэффициентов определяются по таблицам 7.2 и 7.3 или при помощи расчётных формул:

$$K = T_{об} / T_{см} ;$$

$$И = (T_{об} / T_{см}) \cdot 0,3,$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, час;

$T_{об}$ – продолжительность работы оборудования в течение смены, час;

Коэффициенты К и И рассчитываются по формулам только для того оборудования, которого нет в таблицах 7.2 и 7.3. В противном случае значение коэффициентов принимается из таблиц, причём меньшее значение коэффициента (И) соответствует АТП с числом подвижного состава: легкового до 200 ед., грузового до 200 ед., автобусного до 100 ед. Для других АТП принимают большее значение коэффициента (И). Коэффициент (К) выбирается из интервала значений произвольно в зависимости от мощности АТП.

Таблица 7.2

Примерные значения коэффициентов механизации оборудования К

Зона	Оборудование	Легковые	Автобусные	Грузовые
ЕО	Установка для мойки автомобилей.	0,25-0,55	0,30-0,60	0,24-0,50
	Конвейер для перемещения автомобилей.	0,25-0,55	0,30-0,60	0,24-0,50
ТО-1	Конвейер для перемещения автомобилей.	0,03-0,06	0,04-0,05	0,03-0,06
	Подъёмник канавный.	0,04-0,07	0,04-0,07	0,04-0,07
ТО-2	Конвейер для перемещения автомобилей.	0,02-0,04	0,02-0,05	0,02-0,06
	Подъёмник канавный.	0,03-0,06	0,03-0,06	0,03-0,06
ТР	Подъёмник напольный.	0,04-0,07	0,02-0,05	0,03-0,06
	Подъёмник канавный.	0,05-0,09	0,03-0,06	0,04-0,07
	Кран подвесной электрический.	0,07-0,22	0,05-0,15	0,06-0,17
Диагностики	Стенды для проверки:			
	тормозов;	0,25-0,55	0,25-0,60	0,20-0,50
	тягово-экономических качеств двигателя;	0,35-0,65	0,30-0,75	0,30-0,60
	электрооборудования;	0,20-0,50	0,15-0,45	0,15-0,45
	угол установки колёс;	0,30-0,60	0,20-0,50	0,25-0,45
стенд для балансировки колёс.	0,35-0,65	-----	-----	

Таблица 7.3

Примерные значения коэффициентов простейшей механизации И

Зона	Оборудование	Легковые	Автобусные	Грузовые
ЕО	Пылесос, уборочная машина.	0,03-0,18	0,06-0,21	-----
	Установка для шланговой мойки автомобиля.	0,03-0,12	0,06-0,18	0,06-0,18
	Установка для двигателей.	0,06-0,15	0,09-0,18	0,06-0,15
ТО-1	Оборудование для раздачи масла для двигателей.	0,03-0,10	0,03-0,12	0,03-0,12
	Контрольно-диагностические и измерительные приборы.	0,08-0,20	0,04-0,12	0,06-0,18
	Воздухораздаточная автоматическая колонка.	0,02-0,08	0,02-0,08	0,02-0,08
	Электрогайковёрт.	0,09-0,18	0,06-0,15	0,06-0,15
ТО-2	Оборудование для раздачи трансмиссионных масел.	0,06-0,15	0,09-0,18	0,09-0,18
	Солидолонагнетатель.	0,09-0,18	0,12-0,21	0,12-0,24
	Электрогайковёрт.	0,12-0,21	0,09-0,20	0,10-0,20
	Контрольно-диагностические и измерительные приборы.	0,08-0,20	0,08-0,18	0,10-0,18
	Оборудование для раздачи масла для двигателей.	0,09-0,18	0,12-0,21	0,12-0,24
	Воздухораздаточная автоматическая колонка.	0,03-0,12	0,03-0,12	0,03-0,12
ТР	Смазочно-заправочное оборудование.	0,05-0,12	0,01-0,04	0,03-0,12
	Электрогайковёрт.	0,12-0,21	0,06-0,12	0,09-0,18
	Контрольно-диагностические и измерительные приборы.	0,09-0,20	0,03-0,09	0,06-0,15
	Гайковёрт для гаек стремянок рессор.	-----	0,02-0,05	0,03-0,12
Диагностики	Приборы диагностические.	0,09-0,20	0,03-0,09	0,06-0,15

4. Определить уровень механизированного труда в общих трудозатратах:

$$Y_M = \frac{P_{m1}K1 + P_{m2}K2 + \dots + P_{mn}Kn}{P} \cdot 100\% . \quad (1)$$

5. Определить уровень механизированно-ручного труда в общих трудозатратах:

$$Y_{MP} = \frac{P_{mp1}I1 + P_{mp2}I2 + \dots + P_{mpn}In}{P} \cdot 100\% . \quad (2)$$

6. Определить общий уровень механизированного труда :

$$Y_{OB} = Y_M + Y_{MP} . \quad (3)$$

7. Определить степень охвата рабочих механизированным способом производства:

$$C_M = \frac{P_M}{P} \cdot 100\% . \quad (4)$$

8. Определить степень охвата рабочих ручным механизированным инструментом:

$$C_{MP} = \frac{P_{MP}}{P} \cdot 100\% . \quad (5)$$

9. Определить общую степень охвата рабочих механизированным трудом:

$$C_{об} = C_m + C_{MP} . \quad (6)$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балдин, В. А. Детали машин и основы конструирования: передачи учеб. пособие для вузов по специальностям : "Трансп. машины и трансп.-технол. комплексы", "Эксплуатация назем. трансп. и трансп. оборудования"/ В. А. Балдин, В. В. Галевко. - М.: Академкнига, 2006. - 332 с.
2. Буланов, Э. А. Решение задач по сопротивлению материалов: [учеб. пособие для студентов немашиностроительных специальностей, изучающих сопротивление материалов и прикладную механику]/ Э. А. Буланов. - 4-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 213 с.
3. Детали машин и основы конструирования: учеб. для бакалавров/ под ред. Г. И. Рощина, Е. А. Самойлова. - М.: Юрайт, 2012. - 415 с.
4. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для техн. специальностей вузов/ П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. - 8-е изд., перераб. и доп. - М.: Academia, 2004. - 496 с.
5. Дунаев, П. Ф. Детали машин: курсовое проектирование: учеб. пособие для сред. проф. образования/ П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. - Изд. 5-е, доп. - М.: Машиностроение, 2004. - 560 с.
6. Иванов, М. Н. Детали машин: учебник для втузов/ М. Н. Иванов, В. А. Финогенов. - Изд. 12-е, испр. - М.: Высш. шк., 2008. - 407с.
7. Клоков, В. Г. Детали машин: учеб. пособие/ В. Г. Клоков. - Изд. 2-е, стер. - М.: МГИУ, 2006. - 74 с.
8. Кривошапко, С. Н. Сопротивление материалов: лекции, семинары, расчетно-графические работы учебник для бакалавров инженерно-технических направлений и специальностей/ С. Н. Кривошапко. - М.: Юрайт, 2013. - 413 с.
9. Леликов, О. П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин: конспект лекций по курсу "Детали машин"/ О. П. Леликов. - 2-е изд., испр. - М.: Машиностроение, 2004. - 440 с.
10. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов: учебник для втузов/ В. И. Феодосьев. - 10-е изд., перераб. и доп. - М.: МГТУ, 1999. - 589 с.