

29/6/5

Одобрено кафедрой  
«Железнодорожный путь,  
машины и оборудование»

## **ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ**

Задание на курсовой проект  
с методическими указаниями  
для студентов

специальности  
**190205.65 ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ,  
СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ  
И ОБОРУДОВАНИЕ (ДМ)**

специализации  
**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПУТЕВЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ,  
ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ  
И ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ РАБОТ (IV курс)**

специализации  
**ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ  
И ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ (V курс)**

*2-е издание, стереотипное*

**Р О А Т**

**Москва — 2011**

Составитель: канд. техн. наук, доц. Н.Г. Гринчар

Железные дороги России занимают ведущее положение в транспортной системе страны. Железнодорожным транспортом осуществляется более трех четвертей внутреннего грузооборота. Увеличение скоростей движения и грузонапряженности, рост нагрузок на оси подвижного состава влекут за собой, наряду с усилением конструкции верхнего строения пути, внедрение прогрессивных и непрерывно совершенствуемых технологий путевых работ.

Механизация и автоматизация являются важнейшей технической основой путевого хозяйства, имеющей назначение резко облегчить работу путейцев, повысить её производительность, снизить себестоимость и улучшить качество текущего содержания и ремонтов пути.

Основным направлением в вопросе механизации путевых работ является создание высокопроизводительных машин, обеспечивающих производство больших объемов в сравнительно небольшие «окна» (3–5 ч), и вынесение значительной части работ на путевые производственные базы, сведя работы на пути практически к монтажу отдельных блоков верхнего строения.

Создание комплексов путевых машин тяжелого типа позволяет полностью механизировать все операции по строительству и ремонту пути, а в ряде случаев осуществить переход к безлюдным технологиям. Путевые машины, как правило имеют несколько рабочих органов и могут выполнять целый ряд технологических операций.

В курсовом проекте по дисциплине «Путевые машины» не ставится цель полностью спроектировать и рассчитать сложную по конструкции путевую машину. При проектировании должны быть решены следующие основные вопросы: четко определены место и характер работы проектируемой машины в технологическом процессе путевых работ; осуществлены основные расчеты по определению производительности с учетом организационных условий; определены сопро-тивления передвижению машины: дана проверка ее устойчи-

ности; запроектирован и рассчитан механизм одного из рабочих органов; определены экономические показатели машины; освещены вопросы техники безопасности и охраны труда.

Проектирование должно быть самостоятельным творческим процессом по решению поставленной инженерной задачи. Принятию окончательных решений должно предшествовать изучение и анализ существующих методов расчета и конструктивных решений как отечественных, так и зарубежных машин.

## **ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Курсовой проект выполняется студентами по одной из семи основных тем курса (приложение табл. 1–7), согласно начальной буквы фамилии. Вариант задания соответствует последней цифре шифра. Работа должна состоять из расчетно-пояснительной записки объемом 30–40 страниц и трех листов чертежей формата А1, оформление которых должно соответствовать требованиям ГОСТов и ЕСКД.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

На первом листе чертежей вычерчивается общий вид машины в трех проекциях. Дополнительно могут быть приведены виды, разрезы, сечения. Проставляются габаритные и межосевые размеры, определяющие расположение агрегатов машины относительно базовой оси (поверхности) машины. На данном чертеже выносятся позиции только сборочных единиц, в число которых должен входить механизм, помещаемый на 2-й лист.

На втором листе чертежей вычерчивается механизм одного из рабочих органов путевой машины в 3-х проекциях, в который входят двигатель, передача и сам рабочий орган. Здесь дается

полное конструкторское решение проектируемого узла с необходимыми поясняющими видами, разрезами и сечениями: проставляются габаритные, межосевые, посадочные размеры; выносятся позиции сборочных единиц (в основном), деталей и стандартных изделий. Обязательно должна присутствовать позиция сборочной единицы, выносимой на 3-й лист.

На третьем листе чертежей вычерчивается в 2–3 проекциях небольшой узел с поясняющими сечениями и разрезами, выносятся позиции всех деталей.

Спецификацию на каждый чертеж составляют на отдельном листе формата А4.

**Пояснительная записка включает следующие разделы:**

1. Введение.
2. Аналитический обзор.
3. Организация работы машины.
4. Определение сопротивлений передвижению машины.
5. Определение устойчивости машины.
6. Определение мощности привода рабочего органа.
7. Кинематический расчет механизма рабочего органа.
8. Прочностной расчет.
9. Разработка схемы управления рабочим органом.
10. Техника безопасности и охрана труда.
11. Исследовательский раздел.
12. Выводы.

## ***1. ВВЕДЕНИЕ***

Во введении пояснительной записки должны быть отражены основные направления технической политики в области механизации путевых работ, указаны действующие постановления правительства России и МПС по этому вопросу, сформулированы конкретные задачи, поставленные в курсовом проекте.

## 2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

В этом разделе студент дает краткий обзор и анализ путей машин, применяемых в России и за рубежом, относящихся к той же группе машин, что и проектируемая; приводит таблицу основных конструктивных и технических показателей этих машин. Здесь же необходимо дать описание работы и конструкции машины, заданной для проектирования, с приведением ее принципиальной схемы. Наиболее полно нужно остановиться на работе и конструкции механизма рабочего органа, заданного для детальной проработки. Обязательно должны быть приведены поясняющие схемы, показывающие взаимодействие конного рабочего органа с той

$$t_i = \frac{S_i}{v_i},$$

$S_i$  — ход рабочего органа на  $i$ -й операции, м;

$v_i$  — скорость рабочего органа на  $i$ -й операции, м/с;

$n$  — количество операций в цикле.

В этом же разделе необходимо определить техническую и эксплуатационную производительность.

Техническая часовая производительность путевой машины непрерывного действия может быть рассчитана по одной из формул:

$$P_{м.ч.} = 1000 * v_m * F, \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } P_{м.ч.} = 1000 * v_m, \text{ пог.м}^3/\text{ч},$$

где  $v_m$  — рабочая скорость машины, км/ч;

$F$  — поперечное сечение срезаемого (укладываемого) слоя балласта, снега и т. д.  $\text{м}^2$ .

Для путевых машин циклического действия техническая производительность определяется по формуле

$$P_{м.ч.} = \frac{3600 * q}{t_{ц}},$$

где  $q$  — количество продукции в штуках, в объемных или весовых единицах, получаемое за один цикл работы машины.

Эксплуатационная часовая производительность определяется по формуле

$$P_{э.ч.} = \frac{60 * V}{H_{ер}} k_{с},$$

где  $V$  — объем работ (измеритель), ед. прод.;

$H_{ер}$  — техническая норма времени работы машины на измеритель, машино-мин.;

$k_{с}$  — коэффициент использования внутрисменного времени

$$k_g = \frac{t_{\text{пол}}}{t_{\text{см}}},$$

$t_{\text{пол}}$  — полезное время работы машины внутри смены, ч (определяется из сменного графика работы машины);

$t_{\text{см}}$  — число часов работы машины в смену, равное 8,2 ч.

В том случае, если не известна техническая норма времени работы машины, эксплуатационная часовая производительность может быть определена по формуле

$$П_{\text{э.ч.}} = П_{\text{т.ч.}} * k_m * k_g,$$

где  $k_m$  — коэффициент перехода от технической и эксплуатационной производительности.

В конце данного раздела студент приводит свои соображения по повышению производительности машины.

#### **4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПЕРЕДВИЖЕНИЮ ПУТЕВОЙ МАШИНЫ**

При движении путевых машин по рельсовому пути возникают сопротивления: от сил трения качения колес, уклона пути, криволинейности пути, трогания с места, взаимодействия рабочих органов с железнодорожным путем. В этом случае, если путевая машина перемещается локомотивом, сопротивления рассчитываются с целью определения тягового усилия и подбора локомотива из условия

$$T_n \geq \mu * W,$$

где  $\mu$  — коэффициент запаса ( $\mu \cong 1,2$ );

$W$  — сумма всех сопротивлений, возникающих при движении путевых машин.



Если путевая машина самоходная, то сопротивления рассчитываются с целью определения силы тяги данной машины и условия:  $T_m \geq \mu * W$ .

Согласно методике расчета, приведенной в учебнике [1],

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + \sum_{i=1}^{i=n} W_{p.o.i},$$

где  $W_1$  — сопротивления от трения, Н;

$W_2$  — сопротивление от уклона, Н;

$W_3$  — сопротивление при движении в кривой, Н;

$W_4$  — сопротивление при трогании с места, Н;

$\sum_{i=1}^{i=n} W_{p.o.i}$  — сумма спроектированных на ось пути сил, приложенных к одновременно работающим рабочим органам, Н.

Расчет  $W_1, W_2, W_3, W_4$  осуществляют по формулам приведенным в учебнике [1].

## **5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПУТЕВЫХ МАШИН**

При движении путевой машины по железнодорожному пути устойчивость ее может быть нарушена вследствие действия больших боковых сил от рабочих органов, инерционных сил, ветровой нагрузки и т. п. В зависимости от типа путевой машины и характера действия на нее сил проверяются: устойчивость машины против схода с рельсов, поперечная и продольная устойчивость. Методика расчета для каждого типа машин приведена в учебнике [1].

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПРИВОДА РАБОЧЕГО ОРГАНА

Для приведения в действие рабочих органов путевых машин наиболее часто применяемыми приводами являются: электрический, пневматический и гидравлический.

Широкое применение нашел электропривод на электробалла-стерах, щебнеочистительных машинах, путеукладчиках, снегоуборочных машинах, вырочно-подбивочно-отделочных и других путевых машинах. Для поступательного перемещения рабочих органов широко используется сочетание электродвигателя, червячного редуктора и винтовой пары, гайкой которой является червячное колесо редуктора.

При проектировании привода и определении его параметров необходимо в первую очередь рассчитать усилие, действующее на винт электровинтового привода, шток цилиндра и т. п., которое связано передаточными элементами с усилием, действующим на рабочий орган.

При проектировании привода с винтовым механизмом обычно задаются (определяются) силой  $Q$ , действующей вдоль оси винта от рабочего органа и скорости движения винта  $v$  (рис. 1).

Мощность электродвигателя в кВт

$$N_{дв} = \frac{Q_s * v}{102 * \eta_s * \eta_q},$$

где  $Q_s$  — осевое усилие вдоль винта, н;

$v$  — скорость движения винта, м/с (определяется из кинематического расчета, исходя из скорости рабочего органа);

$\eta_s$  — КПД винтовой пары;

$\eta_q$  — КПД червячной передачи.

После нахождения номинальной мощности электродвигателя следует определить, какой тип электродвигателя по-

данных конкретных условий. Для путевых машин используются двигатели переменного и постоянного тока с питанием от дизель-генераторной установки.

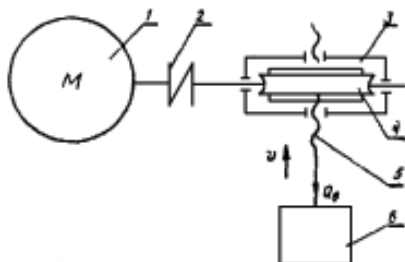


Рис. 1. Кинематическая схема механизма с червячным приводом

Наиболее удобны для использования в путевых машинах электродвигатели постоянного тока, так как они позволяют регулировать скорость в широких пределах. Из электродвигателей переменного тока чаще всего используют асинхронные с короткозамкнутым ротором.

Электродвигатели путевых машин в основном работают в легком и среднем режиме.

Легкий режим (Л) характеризуется большими перерывами в работе (ПВ=15%), редкой работой с номинальной нагрузкой, низкими скоростями, небольшим числом включений в час (до 60 вкл./ч). В этом режиме работают механизмы подъема, сдвига и перекося пути, механизмы дозаторов электробалластов, механизмы передвижения козловых кранов и др.

Средний режим (С) характеризуется средними нагрузками и скоростями, средним числом включений в час (до 120 вкл./ч), средним значением относительной продолжительности включения (ПВ=30%). На таком режиме работают грузоподъемные и тяговые лебедки путеукладчиков и др.

Особо надо отметить работу механизмов привода щебнеочистительных машин, которые работают в весьма тяжелом режиме

лом режиме (ВТ), характеризуемом номинальными нагрузками, весьма высокими скоростями, высокой относительной продолжительностью включения (ПВ=40%).

Электродвигатель подбирается по каталогу-справочнику или ГОСТам исходя из номинальной мощности и конкретных условий его работы. Указывается марка электродвигателя, мощность, число оборотов вала, ПВ в %.

В последние годы гидравлический привод широко применяется на путевых машинах. При проектировании гидропривода составляют принципиальную гидросхему, определяют ее тип (открытая, закрытая), силовые элементы (гидроцилиндры или гидродвигатели) устанавливают вид регулирования, типы гидроцилиндров (телескопические, одноштоковые, двухштоковые) и намечают другие элементы гидросхемы (предохранительные клапаны, распределительные элементы, фильтры и т.п.). Для проектируемой гидравлической системы выбирают рабочее давление (ряд нормализованных давлений 10, 12,5, 16, 20, 25, 32, 35, 40 МПа).

Если в качестве силового элемента используют гидроцилиндр, то прежде всего находят диаметр поршня

$$D = \sqrt{\frac{4 * P}{\pi * p * \eta_m}},$$

где  $P$  — усилие, действующее вдоль шока, Н;

$p$  — рабочее давление, Па;

$\eta_m$  — механический КПД гидроцилиндра ( $\eta_m = 0,85 \div 0,97$ ).

Расход жидкости в данном  $i$ -й цилиндре

$$Q_i = F_{n,i} * v_i, \text{ м}^3/\text{с}$$

где  $F_{n,i}$  — рабочая площадь поршня,  $\text{м}^2$ ;

$v_i$  — скорость поршня, м/с.

Общий расход жидкости

$$Q = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i ,$$

где  $n$  — число одновременно работающих цилиндров.

Необходимая для работы цилиндров производительность насоса

$$Q_n = \frac{Q}{\eta_{он} * \eta_{сц}^n} * k ,$$

где  $\eta_{он}$  — объемный КПД насоса ( $\eta_{он} = 0,85 \div 0,97$ );

$\eta_{сц}$  — объемный КПД силового цилиндра ( $\eta = 0,96$ );

$k$  — коэффициент, учитывающий потери в элементах системы — золотниках, распределителях и т. п. ( $k = 1,02$ ).

Зная условия работы гидросистемы, величину рабочего давления и производительность, намечают тип гидронасоса и выбирают его по каталогу. При выборе насоса необходимо помнить, что шестеренчатые насосы (НШ) просты по конструкции и для давления до 10 МПа надежны и долговечны, не боятся перегрузок. Лопастные насосы (Л) отличаются малыми размерами, выпускаются на давления 6,3 МПа и 12,5 МПа и все более широко применяются на путевых машинах. Для привода рабочих органов работающих при давлениях свыше 16 МПа рекомендуется применять аксиально-поршневые насосы и гидромоторы.

Мощность электродвигателя, потребная на привод гидронасоса

$$N_{дв} = \frac{p * Q}{\eta_{общ}} ,$$

где  $p$  — давление в насосе, Па;

$Q$  — производительность насоса, м<sup>3</sup>/с;

$\eta_{общ}$  — общий КПД насоса ( $\eta_{общ} = 0,8 \div 0,85$ ).

Пневмопривод широко применяется на стругах, снегоочистителях, снегоуборочных и землеуборочных машинах и др. На самоходных машинах устанавливают компрессор. На несамоходных машинах, перемещаемых локомотивом, сжатый воздух поступает по трубопроводам от компрессора локомотива.

Максимальное давление, обеспечиваемое компрессором локомотива  $8 \text{ кгс/см}^2$ . Расчетное давление в пневмоцилиндрах принимается равным

$$p = (0,7 \div 0,8) * p_{\text{max}}, \text{ т. е. } p = 5 \div 6 \text{ кгс/см}^2.$$

Внутренний диаметр пневмоцилиндра определяется по формулам:

$$D = \sqrt{\frac{4 * P}{\pi * p * \eta_m}} \text{ или } D_1 = \sqrt{\frac{4 * P}{\pi * p * \eta_m} + d^2},$$

где  $D$  — диаметр цилиндра, если воздух подается в поршневую рабочую полость, см;

$D_1$  — диаметр цилиндра, если воздух подается в штоковую рабочую полость, см;

$P$  — усилие, действующее вдоль штока, кгс;

$\eta_m$  — механический КПД пневмоцилиндра ( $\eta_m = 0,9 \div 0,95$ );

$d$  — диаметр штока, см.

Расход сжатого воздуха на рабочую операцию  $i$ -го цилиндра в  $\text{см}^3$

$$W_i = \frac{\pi * D_i^2}{4} * l_i,$$

где  $l_i$  — ход поршня, см.

Средний расход воздуха при атмосферном давлении для всей машины в  $\text{см}^3/\text{с}$

$$W = \frac{1}{3600} * \sum_{i=1}^{i=n} k_i * W_i * p_{\max} ,$$

где  $n$  — число одновременно работающих цилиндров;

$k_i$  — среднее число включений  $i$ -го цилиндра в час.

Потребная производительность компрессора в см<sup>3</sup>/ч

$$\Pi = 3600 * \beta * W ,$$

где  $\beta$  — коэффициент запаса, учитывающий неравномерность работы системы и утечки ( $\beta = 1,3 \div 1,4$ ).

Необходимый объем ресивера в см<sup>3</sup>

$$V_p = \frac{\alpha * W * t}{p_{\max} - p_{\min}} ,$$

где  $\alpha$  — коэффициент запаса ( $\alpha = 3 \div 8$ );

$t$  — время необходимое для подкачки ресивера ( $t = 20 \div 30$  с);

$p_{\min}$  — минимальное давление в ресивере ( $p_{\min} = 0,65 * p_{\max}$ ).

При проектировании пневмопривода составляют принципиальную пневмосхему, устанавливают типы цилиндров (телескопические, одноштоковые), намечают элементы пневмосхемы (воздухоочиститель, маслоотделитель, предохранительный клапан, пневмосолотники и т. п.).

Для самоходных путевых машин подбирают тип компрессора. Расчетная производительность компрессора определяется путем увеличения в 4–5 раз теоретической производительности. Это увеличение необходимо для избежания длительной непрерывной работы компрессора под нагрузкой, а также для поддержания рабочего давления в ресивере при случайном повышении расхода воздуха из системы.

## 6.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПОДЪЕМЕ И СДВИГЕ ПУТЕВОЙ РЕШЕТКИ

На подъемно-рихтовочные механизмы действуют вертикально и горизонтально приложенные силы, возникающие при подъеме и сдвиге путевой решетки.

Усилие подъема путевой решетки определяется по формуле

$$Q_n = 4,4 * \sqrt{2 * E * J_x * h * q^3},$$

где  $E$  — модуль упругости рельсовой стали ( $E = 2,1 * 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>);

$J_x$  — момент инерции рельса относительно горизонтальной оси, см<sup>4</sup> (табл. 1);

$h$  — высота подъема пути, см;

$q$  — погонное сопротивление подъему путевой решетки, кгс/см

$$q = q_{np} + q_b - kh,$$

$q_{np}$  — погонный вес 1 см путевой решетки, кгс/см (табл. 1);

$q_b$  — сопротивление балласта на 1 см путевой решетки в начальный момент подъема, кгс/см (табл. 1);

$k$  — коэффициент, зависящий от объема дозировки и типа верхнего строения пути ( $k \approx 0,2$  кгс/см<sup>2</sup>).

Таблица 1

Тип шпал	Число шпал на 1 км	Тип рельсов	$q_{np}$ , кгс/см	$q_b$ , кгс/см	Момент инерции рельса, см <sup>4</sup>	
					$J_x$	$J_y$
Деревянные	1840	Р 50	2,66	8,8	2037	377
		Р 65	3,02		3573	572
Железобетонные	1840	Р 50	5,62	8,8	2037	377
		Р 65	5,89		3573	572



Усилие сдвига путевой решетки при неподнятом пути (приняв коэффициент трения шпал по балласту  $f = 1$ ) можно определить по формуле

$$Q_c = 4,4 * \sqrt[4]{2 * E * J_y * a * q^3},$$

где  $J_y$  — момент инерции рельса относительно вертикальной оси, см<sup>4</sup> (табл. 1);

$a$  — величина сдвига пути, см.

Наибольшее расчетное усилие подъема, действующее на одну сторону механизма подъема

$$Q_{en} = \left( \frac{Q_n}{2} + \frac{Q_n}{2} \right) * \beta,$$

где  $Q_{en}$  — усилие от поднимаемых частей механизма подъема, Н;

$\beta$  — коэффициент перегрузки при опережающем подъеме одной нити путевой решетки ( $\beta = 1,3$ ).

## **6.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПРИВодОВ КРАНОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ УК**

Определение мощности приводов грузовой, тяговой лебедок и лебедки для перетягивания пакетов студент осуществляет по методике, приведенной в учебнике [1].

Суммарная мощность двигателей механизма передвижения укладочного крана определяется по формуле

$$\sum N = \frac{W * v}{102 * \eta},$$

где  $W$  — сопротивление передвижению крана, Н;

$v$  — скорость передвижения крана ( $v = 2,8$  м/с);

$\eta$  — КПД передачи от двигателя к осям ходовых тележек.

Мощность одного тягового электродвигателя

$$N = \frac{\sum N}{z},$$

где  $z$  — число двигателей.

### **6.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПРИВодОВ СНЕГОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ СМ-2**

Мощность привода вращения и усилие пневмоцилиндров подъема щеточного ротора питателя определяется по методике, приведенной в учебнике [1].

Раскрытие крыльев снегоуборочной машины и их подъем осуществляется пневмоцилиндрами. При расчете механизма поворота крыла внешней нагрузкой считается момент сопротивления вращению (считаем, что закрытие крыльев производится в процессе работы машины)

$$M = M_c + M_{тр} + M_{ин},$$

где  $M_c$  — момент от сопротивления снега резанию и перемещению, нм;

$M_{тр}$  — момент силы трения, Н·м;

$M_{ин}$  — момент инерционных сил, Н·м.

Момент сопротивления снега резанию и перемещению

$$M_c = \frac{l_k}{2} * (W_1 + W_2),$$

где  $W_1$  — сопротивление снега резанию, Н

$$W_1 = l_k * h * k_c;$$

$W_2$  — сопротивление перемещению снега поперек крыла, Н

$$W_2 = \frac{l * H^2 * \rho_c}{tg\varphi} * f_1.$$

Момент сил трения определяются аналогично механизму поворота крыла дозатора электробалластера (см. учебник [1]).

Момент от сил инерции возникает в связи с неравномерным (ускоренным) движением крыла

$$M_{ин} = M_{ин}^k + M_{ин}^c ,$$

где  $M_{ин}^k$ ,  $M_{ин}^c$  — моменты сил инерции крыла и призмы снега, расположенной перед крылом.

Предполагая, что поворот происходит по закону равноускоренного движения, имеем

$$M_{ин} = \sum_{i=1}^{i=n} I_i * \varepsilon ,$$

где  $\sum_{i=1}^{i=n} I_i$  — суммарный момент всех вращающихся частей,  $\frac{кгс * м * с^2}{рад}$

$$\sum_{i=1}^{i=n} I_i = \sum_{i=1}^{i=n} (m_i * r_i^2) ,$$

$m_i$  — масса  $i$ -ой вращающейся части,  $\frac{кгс * с^2}{м}$ ;

$r_i$  — расстояние от  $i$ -ой вращающейся части до оси поворота, м;

$\varepsilon$  — угловое ускорение, рад./с<sup>2</sup>.

Вращающимися частями являются крыло и призма снега перед ним

$$m = (G_k + G_{np}) \frac{1}{g} ,$$

где  $G_k$  — сила тяжести крыла, Н;

$G_{np}$  — сила тяжести призмы снега, Н.

$$G_{np} = \frac{H_{np}^2 * l_k * \rho_c}{2 * tg \varphi} ,$$

$H_{np}$  — высота призмы, м;

$l_k$  — длина крыла, м;

$\rho_c$  — плотность снега, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Если принять, что масса вращающихся частей сосредоточена в центре тяжести крыла, то  $r = l_{ум}$ . Принимая давление в рабочей полости пневмоцилиндра постоянным, угловое ускорение можно считать постоянным и движение крыла равномерно ускоренным.

Если время поворота крыла  $t_{нов}$  равно времени разгона  $t_p$ , то максимальный угол поворота крыла

$$\alpha_{\max} = \frac{\varepsilon * t_p^2}{2},$$

отсюда

$$\varepsilon = \frac{2 * \alpha_{\max}}{t_p^2}.$$

Тогда

$$M_{ин} = \frac{1}{g} * (G_k + G_{np}) * l_{ум} * \frac{2 * \alpha_{\max}}{t_p^2}.$$

Усилие в штоке цилиндра закрытия крыла

$$P = \frac{k * M}{l_y * \cos \varphi * \cos \psi},$$

где  $k$  — коэффициент запаса ( $k = 1,1 \div 1,2$ );

$l_y$  — расстояние от шарнира крыла до места подсоединения к нему штока цилиндра поворота, м;

$\varphi, \psi$  — углы наклона оси цилиндра к нормали крыла и к горизонтальной плоскости, град.

Усилие в штоке пневмоцилиндра подъема крыла можно определить по формуле

$$P = \frac{k * (G_k + P_{ин} + F_k) * l_k}{2 * l_ч},$$

где  $P_{ин} = \frac{G_k * v_n}{g * t_p}$  — сила инерции, действующая при подъеме, Н;

$v_n$  — скорость подъема крыла, м/с;

$t_p$  — время равноускоренного движения крыльев при подъеме, с

$$(t_p = 0,5 * t_n);$$

$t_n$  — время подъема крыльев, с;

$F_k$  — сила трения крыла о снег, Н;

$l_ч$  — расстояние от шарнира крыла до места подсоединения к нему цилиндра подъема, м.

Мощность привода конвейера промежуточного полувагона определяется по формуле

$$N_{дв} = \frac{P * v_k}{102 * \eta},$$

где  $P$  — окружное усилие на ведущей звездочке, Н;

$v_k$  — скорость движения конвейера, м/с;

$\eta$  — КПД механизма привода конвейера.

Окружное усилие на ведущей звездочке

$$P = W_4 - W_1,$$

где  $W_4$  — натяжение в цепи, набегающей на ведущую звездочку, Н;

$W_1$  — натяжение в цепи, сбегаящей с ведущей звездочки, Н

( $W_1 = W_{\min} = 3000 \div 5000$  Н).

Натяжение в цепи  $W_4$  — определяется методом обхода по контуру тягового органа (цепи) конвейера (рис. 2). При этом натяжение цепи в каждой последующей точке контура равно натяжению в предыдущей плюс сопротивление, возникающее между ними.

Натяжение цепи в точке 2

$$W_2 = W_1 + q_0 * L * \omega * \cos\beta - q_0 * L * \omega * \sin\beta ,$$

где  $q_0$  — погонный вес движущихся частей ходовой ветви транспортера, кг/м (ориентировочно  $q_0 = 60 * B_n + A$ );

$B_n$  — ширина ленты транспортера, м;

$A$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от режима равным  $90 \div 150$ ;

$L$  — длина транспортера, м;

$\omega$  — коэффициент сопротивления движению холостой ветви транспортера ( $\omega = 0,02 \div 0,05$  для подшипников качения и  $\omega = 0,06 \div 0,13$  для подшипников скольжения);

$\beta$  — угол наклона транспортера к горизонту, град.

Расчетная схема для определения натяжения цепи конвейера

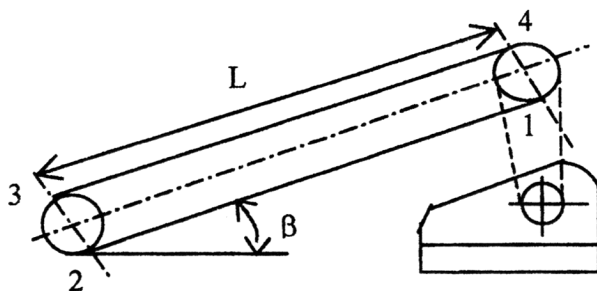


Рис. 2

Натяжение цепи в точке 3

$$W_3 = W_2 * c ,$$

где  $c$  — коэффициент сопротивления движению ленты при огибании звездочки ( $c = 1,03 \div 1,04$  для подшипников качения,  $c = 1,05 \div 1,07$  для подшипников скольжения).

Натяжение цепи в точке 4

$$W_4 = W_3 + (q_0 + q_c) * (L * \sin \beta + L * \omega * \cos \beta) + W_{mp},$$

где  $q_c$  — погонная нагрузка от снега на ленту, Н/м

$$q_c = h_s * B_n * \rho_s;$$

$h_s$  — толщина слоя снега в вагоне, м;

$\rho_s$  — плотность снега в вагоне, кг/м<sup>3</sup>

$$\rho_s = k * \rho_c;$$

$k$  — коэффициент уплотнения ( $k = 1,8 \div 2,5$ );

$W_{mp}$  — сопротивление от трения снега о стенки вагона, Н

$$W_{mp} = E * L * f_2;$$

$E$  — равнодействующая сила давления снега

$$E = \frac{1}{2} \rho_s * h_s^2 * tg^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right);$$

$\varphi$  — угол внутреннего трения снега ( $\varphi = \arctg(f_1)$ );

$f_1$  — коэффициент трения снега о снег;

$f_2$  — коэффициент трения снега по стенке кузова вагона (по металлу или дереву).

Учитывая, что выбросной поворотный транспортер имеет повышенную скорость по сравнению с транспортером-накопителем, при определении мощности двигателя необходимо учитывать мощность, идущую на сообщение снегу кинетической энергии

$$N_{\text{ов}} = \frac{1}{\eta} * (N_m + N_k),$$

где  $N_m$  — мощность, расходуемая на перемещение ленты и материала, кВт

$$N_m = \frac{P * v_k}{102};$$

$P$  — окружное усилие, подсчитываемое как для конвейера промежуточного полувагона без учета сопротивления от трения снега о стенки вагона, Н;

$N_k$  — мощность, расходуемая на сообщение снегу кинетической энергии, кВт

$$N_k = \frac{P_c * v_k^2}{2 * g * 102};$$

$P_c$  — секундная производительность транспортера, кг/с

$$P_c = \frac{P_{\text{т.ч.}}}{3600};$$

$P_{\text{т.ч.}}$  — техническая часовая производительность выбросного конвейера, кг/ч

$$P_{\text{т.ч.}} = 3600 * B_{\text{выб}} * h_{\text{выб}} * v_{\text{выб}} * \rho_1;$$

$B_{\text{выб}}$  — ширина ленты, м;

$h_{\text{выб}}$  — высота снега на ленте выбросного транспортера, м;

$\rho_1$  — плотность снега на ленте транспортера, кг/м<sup>3</sup>

$$\rho_1 = k * \rho_c.$$

Высота слоя снега на ленте выбросного транспортера определяется из условия равенства производительности загрузочного транспортера и выбросного



$$P_3 = P_{\text{выб}} \text{ или } B_3 * h_3 * v_3 = B_{\text{выб}} * h_{\text{выб}} * v_{\text{выб}}.$$

Откуда

$$h_{\text{выб}} = \frac{B_3 * h_3 * v_3}{B_{\text{выб}} * v_{\text{выб}}},$$

где  $h_3$  — высота снега на ленте загрузочного транспортера ( $h_3 = 1,8$  м).

## **7. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МЕХАНИЗМА РАБОЧЕГО ОРГАНА**

В этом разделе курсового проекта студент должен произвести расчеты скоростей исполнительных и промежуточных механизмов машины используя навыки полученные при изучении дисциплин «Теория машин и механизмов», «Теоретическая механика», «Гидравлика и гидропривод» и др.

## **8. ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ**

В этом разделе курсового проекта студент приводит расчеты на прочность двух деталей (по своему усмотрению) заданного для проектирования механизма, используя навыки, полученные при изучении дисциплины «Детали машин».

## **9. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ ОРГАНОМ**

В данном разделе необходимо привести схему управления рабочим органом (электрическую, гидравлическую, пневматическую, электрогидравлическую и др.) дать ее описание и указать преимущества и недостатки принятой схемы по сравнению с другими, возможными для управления данным рабочим органом.

## ***10. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА***

Здесь необходимо осветить основные требования техники безопасности при производстве путевых работ, которые выполняются разрабатываемой в курсовом проекте машиной.

## ***11. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ***

В данном разделе студент по заданию преподавателя осуществляет исследование эффективности применения тех или иных технических и ли технологических решений с целью оптимизации параметров конструкции или технологического процесса. В данном разделе целесообразно и желательно выполнять с применением персональных компьютеров.

## ***12. ВЫВОДЫ***

В заключение пояснительной записки должны быть кратко сформулированы основные итоги проектирования по каждому разделу курсового проекта.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Исходные данные	Вариант (последняя цифра шифра)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Тип рельсов	Р-65										
Балласт	щебеночный										
Шпалы	железобетонные										
Уклон пути, ‰	3	4	5	6	7	-3	-4	-5	-6	-7	
Радиус кривой, м	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	
Толщина слоя задозированного балласта, мм	200	250	300	350	400	200	250	300	350	400	
Выгрузка балласта перед дозировкой	На одну сторону пути	На одну сторону пути	На обе стороны пути	На обе стороны пути	На одну сторону пути	На одну сторону пути	На обе стороны пути	На обе стороны пути	На одну сторону пути	На одну сторону пути	
Высота подъема пути, мм	300	350	400	450	500	300	350	400	450	500	
Величина сдвига пути, мм	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300	
Длительность «окна», час	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	
1-й лист	Общий вид машины										
2-й лист	Механизм подъема дозатора	Механизм наклона крыла дозатора	Механизм ворота крыла дозатора	Механизм подъема пути	Механизм сдвига						Механизм сдвига
3-й лист	Шит дозатора	Винтовой механизм	Основная часть крыла	Полкрылок	Вертикальный вал	Корень крыла	Электромагнит	Поперечная балка	Червячный редуктор	Муфта	

Электробалластер (А-В)

Чертежи (Ф.А1)

Таблица 2

Исходные данные	Вариант (последняя цифра шифра)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
Тип рельсов	Р-65											
Балласт	щебеночный											
Шпалы	железобетонные											
Уклон пути, ‰	3	4	5	6	7	-3	-4	-5	-6	-7		
Радиус кривой, м	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700		
Высота подъема пути, мм	300	350	400	450	500	300	350	400	450	500		
Величина сдвига пути, мм	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300		
Длительность «окна», час	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3		
1-й лист	Общий вид машины											
2-й лист	Подбивочный блок			Маховик			Передний захват			Гидроцилиндр подъема		
	Наружная подйока			Внутренняя подйока			Экспентрикковый вал			Направляющая колонна		
3-й лист	Чертёжи (Ф А1)			Подъемно-рихтовочное устройство			Опорный рихтовочный ролик			Уплотнитель балласта		
	Наружная подйока			Внутренняя подйока			Передний захват			Добалластный вал		
			Мухфта									

Выпрavoчно-подбивочно-рихтовочная машина (Т-Ж)

Таблица 3

Исходные данные	Вариант (последняя цифра шифра)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Тип рельсов	Р-65										
Балласт	щебеночный										
Шпалы	железобетонные										
Уклон пути, ‰	3	4	5	6	7	-3	-4	-5	-6	-7	
Радиус кривой, м	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	
Высота подъема пути, мм	300	350	400	450	500	300	350	400	450	500	
Величина сдвига пути, мм	100	150	200	250	300	100	150	200	250	300	
Длительность «окна», час	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	
1-й лист	Общий вид машины										
2-й лист	Подвижной блок					Подъемно-рихтовочное устройство					Уплотнитель балласта
3-й лист	Подбойка	Подвижная штанга	Экцентрик вал	Маховик	Роликовый захват	Гидроцилиндр подъема	Кронштейн	Рихтовочный ролик	Дебалансный вал	Муфта	
Чертежи (Ф.А1)											
Выравночно-подвижно-рихтовочная машина для											

Таблица 4

Исходные данные	Вариант (последняя цифра шифра)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
Тип машины	С боковым ротором											
Тип рельсов	Р-65											
Балласт	щебеночный											
Шпалы	железобетонные											
Уклон пути, ‰	3	4	5	6	7	7	-3	-4	-5	-6	-7	
Радиус кривой, м	250	300	350	400	450	500	500	550	600	650	700	
Глубина очистки балласта, мм	400	450	500	550	600	600	400	450	500	550	600	
Тип привода	Гидравлический		Электро-механический		Гидравлический		Электро-механический		Гидравлический		Гидравлический	
Величина сдвига пути, мм	100	150	200	250	300	100	100	150	200	250	300	
Длительность «окна», час	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	3	
Чертежи (ФА1)	Общий вид машины											
	Ротор			Выгребное устройство				Грохот			Конвейер подачи вырезанного щебня	
	Привод ротора	Ковш ротора	Привод ротора	Привод цепи	Баровая цепь	Привод цепи	Привод грохота	Сито	Привод конвейера	Ролликовая опора		
1-й лист												
2-й лист												
3-й лист												

Таблица 5

Исходные данные	Вариант (последняя цифра шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тип рельсов	Р-65									
Длина звена, м	25									
Шпалы	железобетонные									
Уклон пути, ‰	3	4	5	6	7	-3	-4	-5	-6	-7
Радиус кривой, м	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Длительность «окна», час	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3
Чертежи (ф.А1)	Общий вид машины									
	1-й лист									
	2-й лист	Грузоподъемная лебедка	Тяговая лебедка	Рама лебедки	Муфта	Роликовый конвейер	Механизм передвижения крана	Механизм подъема фермы		
3-й лист	Траверса	Ограничитель грузоподъемности	Грузовая тележка	Рама лебедки	Муфта	Роликовый конвейер	Редуктор осевой	Вал	Гидроцилиндр	Упругая муфта

Таблица 6

Исходные данные	Вариант (последняя цифра шифра)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
Тип рельсов	Р-65											
Шпалы	железобетонные											
Уклон пути, ‰	3	4	5	6	7	-3	-4	-5	-6	-7		
Радиус кривой, м	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700		
Длительность «окна», час	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3		
Общий вид машины												
Чертежи (Ф.А1)	1-й лист	Привод тяговый				Блок гайковертов				Гидромуфта		Кран машиниста
	2-й лист	Рамный релуктор		Карданный вал		Релуктор		Трехшпиндельный гайковерт		Направляющая		Клапан
	3-й лист	Осевой релуктор								Цилиндр безм-ментного сема		Релуктор крана
Цилиндр безм-ментного сема											Крана	



Таблица 7

Исходные данные	Вариант (последняя цифра шифра)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Количество промежуточных полувагонов	нет										
Уклон пути, ‰	3	4	5	6	7	-3	-4	-5	-6	-7	
Радиус кривой, м	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	
Толщина слоя снега, м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
Расстояние от места загрузки до места выгрузки снега, км	1	1,2	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,8	3	3,2	
Температура снега, °С	0	-10									
Плотность снега, кг/м³	550	500	450	400	350	300	250	200	250	200	
Чертежи (ф. А1)	Общий вид машины										
	1-й лист										
	2-й лист	Механизм вращения ротора - питателя	Механизм подъема ротора - питателя	Механизм подъема ротора боковых крыльев	Механизмы подъема и поворота боковых крыльев	Конвейер промежуточного полувагона с приводом	Поворотный конвейер концевого полувагона с приводом				
	3-й лист	Привод ротора	Щеточный барабан	Лневмо-пильндр	Вал механизма подъема	Лневмо-пильндр	Боковое крыло	Ведущий вал	Натяжное устройство	Ведущий вал	Ведомый вал

Снегоборочная машина типа СМ (П-Я)

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соломонов С.А., Бугаенко В.М., Попович М.В., Самохин С.А. Путевые машины. — М.: «Желдориздат», 2000. — 753 с.
2. Машина выправочно-подбивочно-рихтовочная ВПР-02./МПС РФ ЦКБпутьмаш. — М: Транспорт, 1995. — 415 с.
3. Машина выправочно-подбивочно-рихтовочная для стрелочных переводов ВПРС-02./МПС РФ ЦКБ путьмаш. — М: Транспорт, 1995. — 477 с.
4. Теклин В.Г., Рисник Н.Б., Деревенец А.Н. Путевой моторный гайковерт. — М.: Учебно-методический кабинет по образованию на железнодорожном транспорте МПС РФ, 1996. — 314 с.
5. Соломонов С.А., Попович М.В., Стефанов Б.Н., Цигельный П.М., Яковлев А.М. Путевые машины. — М., «Транспорт», 1985. 392 с.
6. Плохоцкий М.А., Соломонов С.А., Топазов А.Ф., Хабаров В.П. Машины и механизмы для путевого хозяйства. — М: Транспорт, — 1984, 440 с.
7. Воробьев Э.В., Дьяков К.Н, Федоров Н.В., и др. Технология механизация и автоматизация путевых работ. — М.: Транспорт, 1996 — 375 с.
8. Журба В.А., Тараканов Г.П., Хайкис М.Л. Машины для транспортного строительства. Справочник. — М: Транспорт, 1984. — 429 с.
9. Исаев К.С., Федулов В.Ф., Щекотков Ю.М. Машинизация текущего содержания пути. — М.: Транспорт, 1981. — 280 с.
10. Гринчар Н.Г., Соломонов С.А. Путевые машины. Альбом конструкций. Ч.1. Выправочно-подбивочно-рихтовочные машины. — М: МИИТ, 1998. — 60 с.
11. Гринчар Н.Г., Соломонов С.А. Путевые машины. Альбом конструкций. Ч.2. Снегоуборочные машины. — М.: МИИТ, 2000. — 60 с.

12. Гринчар Н.Г., Ковальский В.Ф. Путевые машины. Альбом конструкций. Ч.3. Щебнеочистительные машины. — М.: МИИТ, 2002. — 60 с.
13. Лончаков Э.Т. Путевые машины. Альбом конструкций. — М.: ВЗИИТ, 1991. — 60 с.

Канд. техн. наук, доц.  
Николай Григорьевич Гринчар

## **ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ**

Задание на курсовой проект  
с методическими указаниями

Редактор *Е.А. Ямщикова*  
Компьютерная верстка *Г.Д. Волкова*

---

Тип. зак.

Подписано в печать 09.06.11

Усл. печ. л. 2.25

Тираж 200 экз.

Гарнитура Times

Формат 60×90<sup>1/16</sup>

---

Редакционный отдел  
Информационно-методического управления РОАТ,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати  
Информационно-методического управления РОАТ,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2