



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Машины и технология литейного производства»

# **ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ. ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

**по одноименным курсам**

**для студентов специальностей 1-36 02 01**

**«Машины и технология литейного производства»**

**и 1-36 02 04 «Организация и управление**

**литейным производством»**

**дневной формы обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

УДК 621.745.3(075.8)  
ББК 39.9я73  
П45

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 2 от 11.10.2005 г.)*

Автор-составитель: *И. Б. Одарченко*

Рецензент: канд. техн. наук, доц., зав. каф. «Материаловедение  
в машиностроении» ГГТУ им. П. О. Сухого *И. Н. Степанкин*

П45 **Подъемно-транспортное оборудование литейных цехов. Подъемно-транспортные машины** : лаб. практикум по одноим. курсам для студентов специальностей 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» и 1-36 02 04 «Организация и управление литейным производством» днев. формы обучения / авт.-сост. И. Б. Одарченко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 49 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-537-3.

Лабораторный практикум содержит методические указания по содержанию, выполнению и оформлению лабораторных работ.

Для студентов специальностей 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» и 1-36 02 04 «Организация и управление литейным производством».

УДК 621.745.3(075.8)  
ББК 39.9я73

ISBN 978-985-420-537-3

© Одарченко И. Б., составление, 2007

© Учреждение образования

«Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2007

# Лабораторная работа № 1

## Определение основных характеристик транспортируемых грузов

**Цель работы:** ознакомиться с основными характеристиками насыпных грузов, применяемых в литейном производстве, а также методиками их определения. Приобрести практические навыки в определении характеристик транспортируемых грузов.

### Теоретическая часть

Транспортируемые грузы по основному признаку разделяют на насыпные и штучные. Насыпными (навалочными) грузами считают различные массовые навалочные кусковые, зернистые, порошкообразные и пылевидные материалы, хранимые и перемещаемые навалом (например, руда, уголь, торф, щебень, песок, цемент). Насыпные грузы характеризуются кусковатостью (размером и формой частиц), плотностью, влажностью, углом естественного откоса, подвижностью частиц, режущей способностью (абразивностью), крепостью, коррозионностью, липкостью, ядовитостью, взрывоопасностью, способностью самовозгораться, слеживаться, смерзаться. Каждое из этих свойств надо учитывать при выборе типа и параметров машины.



Рис. 1. Расчетный размер частиц насыпного груза

*Кусковатостью*, или гранулометрическим составом насыпного груза называют количественное распределение его частиц по крупности. Кусковатость характеризуется наибольшими линейными размерами однородных частиц (кусков) насыпного груза (рис. 1) в заданном объеме (пробе).

Кусковатость грузов с частицами размером более 0,05 мм определяют ситовым анализом (грохочением). При этом регламентированный объем груза (пробу) просеивают последовательно через набор

сит, имеющих отверстия разной величины, для разделения частиц пробы на отдельные фракции по размерам. На сите с отверстиями некоторого размера остаются непросеянными частицы, размеры которых больше, чем размеры отверстий. Взвесив эти остатки и определив отношение их массы к массе всей пробы (в процентах), получают характеристику кусковатости груза.

Кусковатость руды, кокса может быть задана, например, такой характеристикой: куски размером от 80 до 51 мм – 9 %; от 50 до 30 мм – 65 %; от 29 до 10 мм – 20 %; от 9 до 2 мм – 4 % и менее 2 мм – 2 % характерный размер куска в этом случае 40 мм.

Гранулометрический состав грузов с частицами размером менее 0,05 мм определяют гидравлическим анализом, при котором критерием разделения частиц служит различие скорости их оседания в воде.

Характер однородности размеров частиц насыпного груза определяется коэффициентом  $k_0$ , представляющим отношение наибольшего  $a_{\max}$  размера частиц (кусков) груза к наименьшему  $a_{\min}$ :

$$k_0 = a_{\max} / a_{\min}.$$

При  $k_0 > 2,5$  груз считается рядовым, при  $k_0 \leq 2,5$  – сортированным, т. е. более или менее однородным. Кусковатость насыпного груза определяют размером  $a$  наиболее характерного, типичного куска. Рядовые грузы характеризуются кусками наибольших размеров  $a = a_{\max}$ ; однако, если таких больших кусков меньше 10 % общего количества груза в пробе по массе, то за типичный размер  $a$  принимают размеры ближайших больших кусков, количество которых более 10 %. Сортированные грузы характеризуются средним размером кусков:

$$a = (a_{\max} + a_{\min}) / 2.$$

По крупности  $a_{\max}$  частиц насыпной груз разделяют на следующие группы:

Особо крупнокусковой (например, камни, валуны). Более 500 мм. Крупнокусковой (руда) – 200–500 мм.

Среднекусковой (уголь) – 61–199 мм.

Мелкокусковой (щебень) – 10–60 мм.

Зернистый (зерно) – 0,5–9 мм.

Порошкообразный (мелкий песок) – 0,05–0,49 мм.

Пылевидный (цемент) – до 0,05 мм.

Кусковатость насыпных грузов необходимо принимать во внимание при определении размеров (ширины ленты, настила, ковшей)

грузонесущих элементов конвейеров и элеваторов, а также отверстий бункеров, воронок и лотков. При транспортировании пылевидных грузов (или смеси с большим количеством пыли) надо использовать герметичные конвейеры и принимать меры против пылеобразования на участках загрузки и разгрузки.

*Плотностью* ( $\rho$ ) груза называется отношение его массы к занимаемому объему (табл. 1). Для грузов, представляющих собой куски различной крупности (уголь, торф), используют понятие насыпной плотности, представляющей отношение массы груза в насыпном состоянии к его объему. Поскольку насыпная плотность представляет собой отношение массы вещества к его объему, в дальнейшем вместо этого понятия будем применять единый термин – плотность.

Таблица 1

**Характеристика наиболее распространенных насыпных грузов**

Грузы	Группа абразивности	Плотность $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Угол $\phi$ естественного откоса в покое, град.	Среднее значение коэффициента трения по стали в состоянии покоя
Антрацит мелкокусковой сухой	С	0,80–0,95	45	0,84
Агломерат железной руды	Д	1,7–2,0	45	0,9
Апатит сухой	Д	1,3–1,7	30–40	0,58
Гипс мелкокусковой	В	1,2–1,4	40	0,78
Глина сухая, мелкокусковая	В	1,0–1,5	50	0,75
Гравий рядовой округлый	В	1,6–1,9	30–45	0,8
Земля грунтовая сухая	С	1,2	30–45	0,8
Земля формовочная выбитая	С	1,25–1,30	30–45	0,71
Зола сухая	Д	0,4–0,6	40–50	0,84
Известняк мелкокусковой	В	1,2–1,5	40–45	0,56
Кокс среднекусковой	Д	0,48–0,53	35–50	1,0
Окатыши рудные	Д	1,8–2,5	35–40	0,8
Опилки древесные	А	0,16–0,32	39	0,8
Песок сухой	С	1,40–1,65	30–35	0,8
Руда железная, мелко-, средне- и крупнокусковая	Д	2,1–3,5	30–50	1,2
Уголь каменный кусковой	В	0,65–0,80	30–45	0,7
Цемент сухой	С	1,0–1,3	40	0,65

Различают плотность груза свободнонасыпанного (разрыхленного), механически уплотненного, а также в естественном плотном массиве. Механическое (местное) уплотнение груза может быть достигнуто равномерным его сжатием (например, в бункере) или утряской. При этом плотность сухих легкосыпучих грузов (сухого песка, зерна) повышается на 5–10 %, а влажных (формовочной земли, древесных опилок) – на 30–50 %. В плотном массиве груз находится в естественном неразработанном состоянии, например, грунтовая земля, формовочная, стержневая смесь, уголь и т. п. Отношение плотности  $\rho_{\Pi}$  груза в массиве к его плотности  $\rho$  в разрыхленном (разработанном) состоянии характеризуется коэффициентом разрыхления  $k_{рх} = \rho_{\Pi}/\rho$ . Для песка  $k_{рх} = 1,12$ ; для угля  $k_{рх} = 1,4$ ; для руды  $k_{рх} = 1,6$ . Плотность груза зависит от крупности его частиц и влажности; для кусковых и зернистых грузов при уменьшении размеров частиц плотность уменьшается, вследствие увеличения объема воздушных промежутков между частицами груза. По плотности ( $\text{т/м}^3$ ) грузы разделяют на следующие группы:

Легкие (например, торф, кокс, мука) – до 0,6 включительно.

Средние (зерно, каменный уголь, шлак) – свыше 0,6 до 1,6.

Тяжелые (порода, гравий, щебень) – свыше 1,6 до 2,0.

Особо тяжелые (руда, камень) – свыше 2,0 до 4,0.

Плотность груза необходимо знать для определения производительности транспортирующих машин, выбора их типа, нахождения расчетных нагрузок и давления на стенки и затворы выпускных отверстий бункеров.

*Влажностью* насыпного груза ( $w_B$ , %) называют отношение массы, содержащейся в грузе воды, удаляемой высушиванием пробы груза при температуре  $+105^\circ\text{C}$ , к массе высушенного груза:

$$w_B = (m_B - m_C)100/m_C,$$

где  $m_B$  и  $m_C$  – массы порции влажного и просушенного грузов, соответственно.

*Углом естественного откоса* насыпного груза называется угол  $\varphi$  между образующей конуса из свободного насыпанного груза и горизонтальной плоскостью (рис. 2). Этот угол зависит от взаимной подвижности частиц груза: чем она больше, тем меньше угол (например, для воды  $\varphi = 0$ ). Взаимная подвижность частиц груза зависит от сил сцепления между ними и сил трения, возникающих при перемещении одной частицы относительно другой. Поэтому для одного и того же груза в зависимости от его состояния (влажности, температуры, кусковатости) угол естественного откоса может иметь разные значения.

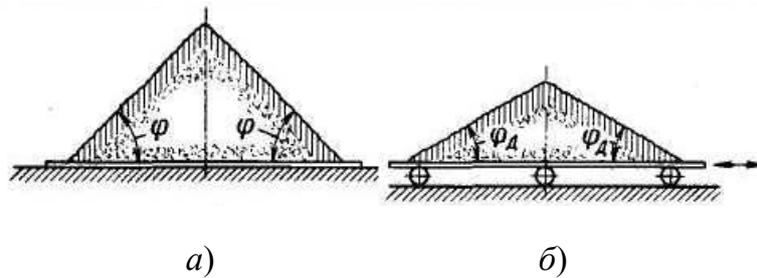


Рис. 2. Расположение насыпного груза на плоскости:  
*a* – в покое; *б* – в движении

Различают углы естественного откоса груза в состоянии покоя (табл. 1) и в движении ( $\varphi_d$ ); в первом случае опорная горизонтальная плоскость находится в покое, а во втором случае она движется и колеблется, уменьшая угол естественного откоса. Приблизительно считают  $\varphi_d \approx 0,7\varphi$ .

По подвижности частиц насыпные грузы распределяют на три группы (табл. 2). Подвижностью частиц груза (углом  $\varphi$ ) определяется площадь сечения груза на движущейся ленте (расчетный угол  $\varphi$ ) или настиле конвейера, коэффициент отставания груза в желобе конвейера с контурными скребками.

Коэффициенты трения насыпного груза по стали, бетону, резиновой обкладке и прокладке ленты характеризуют углы наклона стенок и ребер бункеров, воронок и пересыпных лотков, а также предельные углы наклона конвейера. Коэффициент внутреннего трения частиц груза связан с углом трения  $\rho_T$  насыпного груза зависимостью  $f_v = \text{tg} \cdot \rho_T$ . Углы трения и коэффициенты трения различают в состоянии покоя и движения.

Таблица 2

**Распределение насыпных грузов по подвижности их частиц**

Подвижность частиц груза	Характерные примеры насыпных грузов	Характерные пределы угла $\varphi$ естественного откоса в покое, град.	Расчетный угол $\varphi_1$ , град.
Легкая	Апатит, сухой песок, цемент, сухой кокс, круглая сухая галька, пылеуголь, пылеглина	30–35	10
Средняя	Влажный песок, формовочная земля, каменный уголь, бурый уголь, камень, щебень, торф, шлак	40–45	15
Малая	Сырая глина, гашеная влажная известь, аммиачная селитра	50–56	20

*Режущей способностью* (абразивностью) называют свойство частиц насыпного груза истирать (изнашивать) соприкасающиеся с ними во время движения рабочие поверхности желобов, лент, шарниров цепи и других подобных деталей машин. Степень абразивности груза зависит от твердости, формы и размеров составляющих его частиц. Значительной абразивностью обладают зола, руда, кокс, цемент. По степени абразивности и вредному воздействию на элементы конвейеров насыпные грузы можно разделить на четыре группы: А – неабразивные; В – малоабразивные; С – средней и Д – высокой абразивности. Твердость частиц насыпного груза характеризуется сравнительной десятибалльной шкалой (шкалой Мооса), в которой за единицу принята твердость частиц самого мягкого, а за десять единиц – самого твердого грузов. Например, твердости характерных грузов по этой шкале таковы: талька – 1, гипса – 2, известкового шпата – 3, плавленого шпата – 4, апатитового концентрата – 5, кварцита – 6–7; гранита – 6–8, сапфира, корунда, хрома – 9, алмаза – 10.

При выборе средств транспортирования абразивных грузов надо принимать меры против ускоренного изнашивания частей машины. Это достигается как соответствующим выбором типа машины (с минимальным трением частиц груза по рабочему элементу машины), так и подбором материалов или защитных футеровок для деталей машины и устройством надежных уплотнений для подшипников и шарниров, не позволяющих абразивным частицам попадать на поверхности трения.

*Твердость* (крепкость) частицы груза определяется пределом прочности образца груза при сжатии  $\sigma_{сж}$  (МПа) и характеризуется коэффициентом твердости  $k_{кр}$  по шкале М. М. Протоdjeяконова:

$$k_{кр} = \sigma_{сж} / 10.$$

Для мягкого мела  $k_{кр} = 1$ ; угля  $k_{кр} = 2$ ; железной руды  $k_{кр} = 15$  МПа.

Свойство грузов, вызывающее интенсивную коррозию (ржавление) стальных деталей, требует применения специальных материалов или покрытий.

*Взрывоопасность, самовозгораемость и ядовитость* транспортируемых грузов учитываются по специальным техническим условиям, которые необходимо обязательно выполнять при проектировании машины.

*Слеживаемость*, т. е. способность частиц некоторых насыпных грузов (например, глины, извести, соды, соли, снега, цемента и т. п.)

терять подвижность при длительном хранении, что особенно неблагоприятно сказывается при хранении грузов в бункерах, кожухах конвейеров и подобных емкостях. Слеживаемость повышается при увеличении влажности и давления на груз. Для борьбы со слеживаемостью груза в бункерах применяют специальные разрыхлители (механические, пневматические или вибрационные). При транспортировании слеживающихся грузов кожухи конвейеров нельзя оставлять загруженными после окончания работы.

*Липкость*, т. е. способность некоторых грузов, например, глины, мела (особенно во влажном состоянии), прилипнуть к твердым телам, требует специального выбора формы несущих (например, ковшей) или поддерживающих элементов машины, или же применения покрытий из материалов, к которым груз не прилипает, а также эффективных очистных устройств. Липкость затрудняет транспортирование грузов.

Штучными называют единичные грузы, учитываемые по их количеству и транспортируемые по отдельным изделиям или их группе. Штучные грузы разделяют на непосредственно штучные и тарные. К непосредственно штучным грузам относят различные единичные изделия, детали и узлы машин, а также некоторые массовые грузы, которые состоят из более или менее однородных крупных и средних по размерам предметов определенной формы.

Тарные грузы представляют собой тару, например, ящики, бочки, мешки, кипы, контейнеры, в которой размещены насыпные или штучные грузы. Размеры и вид тары промышленных изделий и грузов определены государственными стандартами. Использование производственной тары значительно расширяет возможность взаимодействия конвейеров со средствами напольного транспорта.

Штучные грузы характеризуются габаритными размерами, конфигурацией, массой одного изделия, а также хрупкостью, температурой, взрывоопасностью и т. п. По габаритным размерам штучных грузов определяют размеры несущих элементов конвейеров, расстояния между изделиями и их проходимость на поворотах и перегибах конвейера, а по массе – грузоподъемность несущего и прочность тягового элементов и способ его разгрузки. Форма груза обуславливает способ его укладки или подвеса на грузонесущий элемент. Особые свойства необходимо учитывать при выборе типа и конструкции машины.

## Практическая часть

Используя методики, изложенные в теоретической части и лабораторное оборудование необходимо определить основные характеристики и возможность транспортирования следующих формовочных материалов: кокс топливный ваграночный, известняк металлургический, ферросплавный материал, песок формовочный, единая формовочная смесь. При этом следует:

1. Определить характеристики кусковатости. Рассчитать коэффициент однородности материалов  $k_0$  и определить насыпной вес транспортируемых материалов (рядовой, сортированный). Для данных видов определить характеристики и группу материала по кусковатости.

2. Определить насыпную массу грузов в свободно насыпанном состоянии, а также в уплотненном и слежавшемся (для формовочной смеси). Рассчитать коэффициент разрыхления  $k_{рх}$ . Определить группу грузов по плотности.

3. Определить влажность  $W$  изучаемых зернистых материалов и угол естественного откоса  $\alpha$  в состоянии покоя и в движении (используя виброустановку). Последний показатель сравнить с расчетным значением  $\alpha_{д}$ .

4. Определить твердость кусковых грузов.

5. Все данные занести в таблицу 3:

Таблица 3

Грузы	Группа абразивности	Насыпной вес, т/м <sup>3</sup>	Угол естественного откоса	Кусковатость, мм	Влажность $W$ , %
Ваграночный кокс					
Известняк					
Ферросилиций ФС-45					
Песок сухой					
Единая формовочная смесь					

6. Сделать выводы о возможности транспортирования грузов различными транспортирующими машинами непрерывного действия и особых условиях транспортирования.

### Контрольные вопросы

1. Виды транспортируемых грузов.
2. Характеристики насыпных грузов.
3. Характеристики штучных грузов.
4. Характер однородности насыпных грузов.
5. Крупность насыпных грузов.
6. Насыпной вес грузов.
7. Угол естественного откоса, подвижность частиц.
8. Коэффициент твердости грузов.
9. Методика оценки кусковатости грузов.
10. Методика оценки зернистости грузов.

## **Лабораторная работа № 2**

### **Монтаж мостовых кранов**

**Цель работы:** ознакомиться с технологией и схемами монтажа мостовых кранов, получить практические навыки проверки правильности сборки и установки узлов и механизмов.

#### **Теоретическая часть**

Методы подъема кранов в проектное положение зависят главным образом от их типа, от места установки и в меньшей степени от веса.

Мостовые краны монтируют в основном в закрытых цехах промышленных зданий и реже – на открытых эстакадах. Это обстоятельство имеет существенное влияние на методы монтажа. Основным монтажным механизмом при подъеме мостов и тележек являются мачты, полиспасты и электрические лебедки. Применение гусеничных кранов очень ограничено вследствие невозможности маневрирования в помещениях с ограниченной высотой, а в действующих цехах применение их совсем исключается.

Практикой выработаны следующие схемы подъема мостовых кранов:

- а) подъем моста при помощи одной мачты с разворотом его над подкрановыми путями. Тележку устанавливают на мост или поднимают отдельно;
- б) подъем моста в наклонном положении поперек пролета (рыбкой) при помощи одной или двух мачт;
- в) подъем моста с использованием строительных конструкций здания.

Первая схема предпочтительнее остальных и может быть широко рекомендована. Тележки поднимают вместе с мостами или отдельно от них при помощи тех же подъемных устройств.

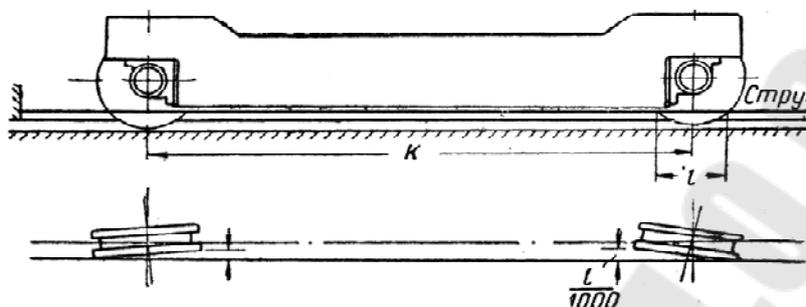
Узлы крана разгружают чаще всего на промежуточных складах, т. к. к моменту монтажа крана постройка подъездных путей не всегда заканчивается.

Разгрузку и подачу металлических конструкций и узлов крана в монтаж следует выполнять с большой осторожностью, т. к. восстановление повреждений на монтажной площадке очень затруднительно.

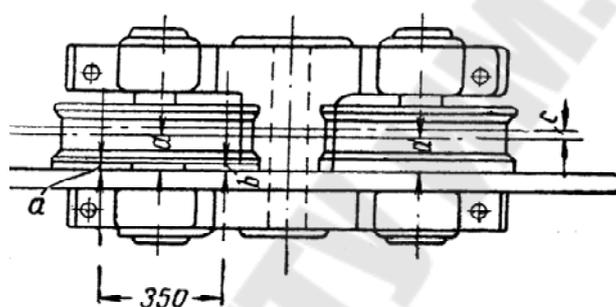
Мост крана обычно прибывает расстыкованным на две части (по концевым балкам). Собирать его рекомендуется внизу до подъема на подкрановые пути, т. к. при этом условия сборки и выверки являются наилучшими.

Собранный мост проверяют на отсутствие перекоса и на правильность установки ходовых колес.

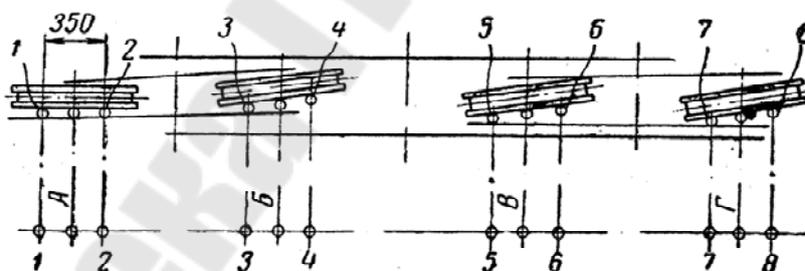
Перекос моста проверяют по диагоналям, разность длин диагоналей  $D_1, D_2$  (рис. 1) не должна превышать 5 мм.



а)



б)



в)

Рис. 1. Проверка перекоса ходовых колес мостовых кранов:  
 а – без балансирных тележек; б – в балансирах  $a + b = 0,35$ ;  $C = 2$  м;  
 в – в балансирной тележке. Разность между точками 1–2; 3–4; 5–6;  
 7–8 составляет 1 мм на 1000 мм длины

Правильность установки ходовых колес проверяют натяжением струны по торцам колес, как это показано на рис. 1, величина неприлегания струны к колесу не должна быть больше 1 мм на 1 000 мм.

Оси всех ходовых колес или балансиров должны находиться на одном уровне, чтобы обеспечить опирание моста на все катки.

Проверку лучше всего производить при помощи гидростатического уровня от головок подтележечных рельсов; мост при этом необходимо выверить горизонтально. Разность высот осей ходовых колес, расположенных на одной балке, должна составлять не больше 0,0001 пролета, а расположенных на разных балках – 0,0003 расстояния между осями балансиров. Некачественная сборка и установка механизмов вызывает перекосы моста во время работы, в результате чего увеличивается износ зубчатых колес, реборд ходовых колес и износ подкрановых рельсов. При сборке моста необходимо также произвести ревизию механизма передвижения.

Подъем мостов мостовых кранов и установка их на подкрановые пути является наиболее трудоемкой и ответственной операцией, особенно при совмещении строительных и монтажных работ или монтажа в действующих цехах.

Последовательность монтажа мостовых кранов всех грузоподъемностей и пролетов в основном одинакова и приведена в таблице 1.

*Таблица 1*

**Последовательность монтажа мостовых кранов**

<b>Наименование операций</b>	<b>Основное монтажное оборудование</b>	<b>Расчленение монтируемых узлов</b>
Разгрузка узлов крана на месте монтажа	Цеховые мостовые или ж.-д. краны, лебедки	Отдельными узлами в пределах ж.-д. габаритов
Сборка моста	Ж.-д. или гусеничный кран, автокран, полиспасты и лебедки	Отдельными половинками
Проверка механизма передвижения крана	Ручная таль, автокран	нет
Подъем моста	Ж.-д. или гусеничные краны, мачты, полиспасты и лебедки	В собранном виде, в отдельных случаях половинками
Проверка механизмов тележки	Ручная таль, автокран	нет
Подъем тележки и установка ее на мост	Мачты, полиспасты и лебедки	В собранном виде В отдельных случаях подъем рамы и узлов механизмов отдельно

Наименование операций	Основное монтажное оборудование	Расчленение монтируемых узлов
Установка электроаппаратуры в кабине	Вручную	нет
Подъем и закрепление кабины. Электромонтажные работы. Регулировка тормозов, опробывание и сдача крана	Полиспасты и лебедки	В собранном виде

На выбор схемы монтажа влияют: вес моста с механизмами передвижения; вес тележки; габаритные размеры крана и тележки. Все эти данные берут из паспорта крана.

Размеры цеха также влияют на выбор схемы монтажа и их следует определять по строительным чертежам и обязательно уточнять в натуре. К этим размерам относятся высота до кровли  $A$ , шаг колонн  $B$ , высота до головки подкрановых рельсов  $H_1$  и расстояние от оси подкранового рельса до стены  $a$  (рис. 2). Монтажная мачта для подъема моста должна быть выше подкрановых путей на определенную величину  $H_4$ , которая зависит от способа строповки и от грузоподъемности подъемных полиспастов. При строповке за верхний пояс моста этот размер будет больше, чем при строповке за нижний пояс.

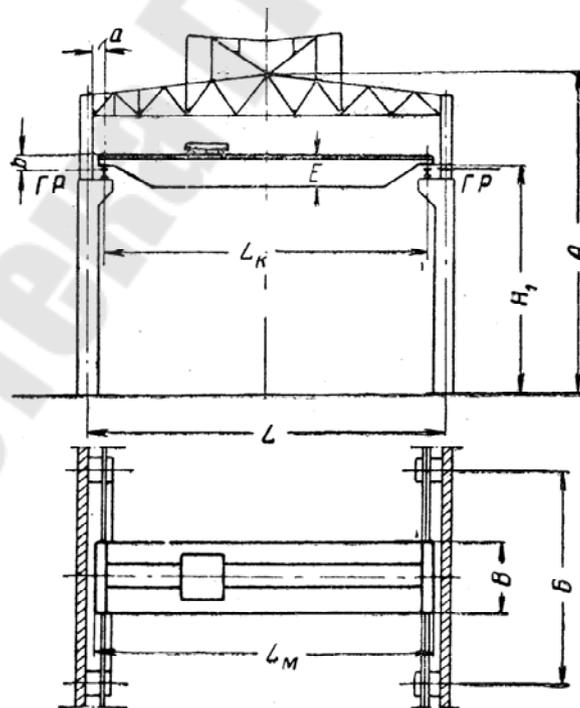


Рис. 2. Габаритные размеры цеха и крана

Положение мачты над мостом в конце подъема показано на рис. 3.

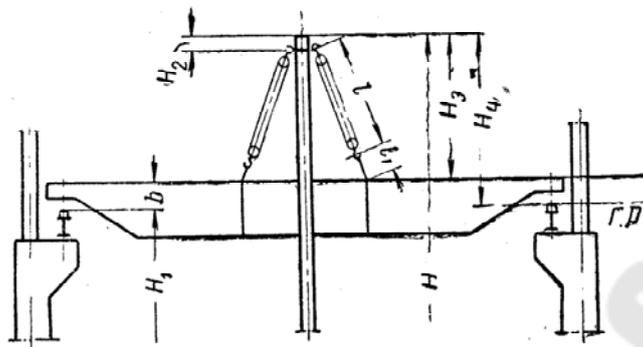


Рис. 3. Положение мачты над мостом

Длина полиспаста зависит от грузоподъемности полиспаста, а  $H_4$  – от способа строповки.

Минимальные размеры полиспастов в стянутом состоянии приведены в таблице 2:

Таблица 2

### Размеры полиспастов, стропов и мачты над мостом крана

Обозначение величин	Размеры полиспастов стропов и мачты при грузоподъемности полиспастов, т					
	5	10	15	20	30	50
Длина полиспаста $l$ , м	1,4	1,8	2	2,1	2,15	2,25
Длина стропов над мостом $l_1$ , м	0,8	1	1,25	1,25	1,25	1,25
Высота головки мачты $H_2$ , м	0,25	0,33	0,37	0,4	0,45	0,5
Высота мачты $H_3$ , м	2,35	3	3,37	3,5	3,65	3,8

Для подъема мостов рекомендуется применять малогабаритные блоки, дающие наименьшую длину полиспаста в стянутом состоянии по сравнению с другими типами блоков.

Длина стропов над мостом  $l_1$  зависит от колес тележки крана.

Для определения высоты мачты от головки рельса необходимо замерить высоту от низа катка до головки рельса и прибавить к высоте мачты над мостом. Эта величина для кранов общего назначения указана в таблице 3:

Таблица 3

Грузоподъемность кранов, т	5	10	15	20/5	30/5	50/10
Размер $b$ , м	0,75	0,8	0,94	0,83	0,94	1,04

Высота мачты над головкой подкранового рельса будет равна:

$$H_4 = H_3 + b.$$

Зная высоту до головки подкранового рельса  $H_1$  и высоту мачты от головки рельса  $H_4$  можно определить общую высоту мачты от пола цеха  $H = H_1 + H_4$ . Эта высота должна быть меньше высоты цеха до конька кровли на 300–400 мм.

В случае недостаточной высоты цеха мост следует стропить за нижний пояс, что дает уменьшение высоты мачты около 1 м, но уменьшает устойчивость моста при подъеме. До установки моста на подкрановые пути необходимо проверить размеры от головки рельса до нижней затяжки, до верхней точки установленного оборудования, размер до выступающей части колонн и размер до стены в том месте, где устанавливается кран. Эти размеры должны быть не менее указанных в таблице 4.

Таблица 4

**Минимальные размеры строительной части цеха, мм**

Обозначение величин	Грузоподъемность кранов, т							
	5	10	15	20/5	30/5	50/10	75/20, 100/20, 125/20	150/30, 200/30, 250/30
Расстояние: до нижней затяжки фермы	1750	2000	2400	2500	2850	3250	4100	4900
до верхней точки установленного оборудования	2900						3000	
от оси подкранового рельса до колонны	290	320	320	320	360	360	475	575

Если размеры меньше, чем указаны в таблице, кран устанавливать на пути нельзя, т. к. он не будет принят инспекцией Госгортехнадзора.

Таким образом, своевременная проверка размеров избавит в дальнейшем от очень больших переделок.

Основные схемы монтажа мостовых кранов, установленные многолетней практикой, приведены в таблицах 3 и 4.

Подъем одиночными мачтами (рис. 4) возможен при условиях, указанных в таблице 2.

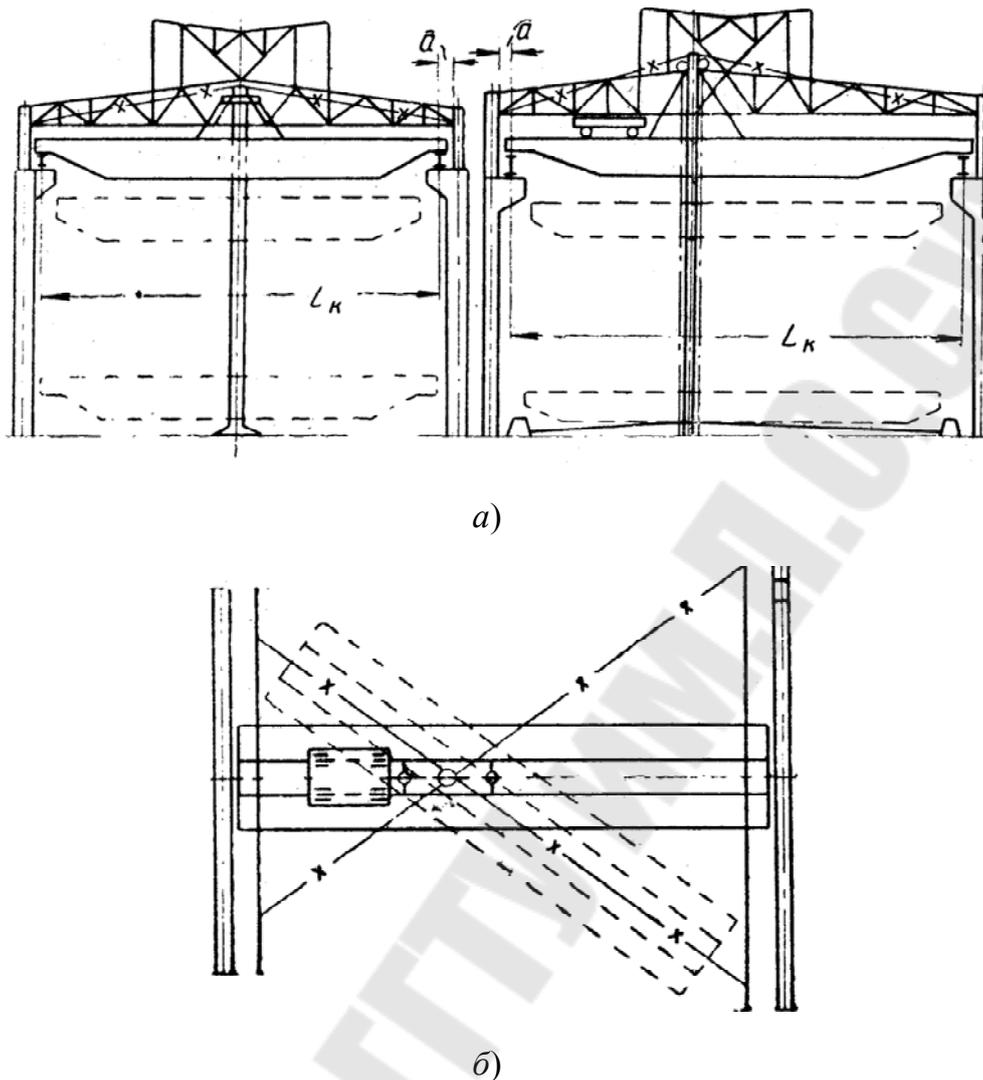


Рис. 4. Подъем мачтами с разворотом моста:  
 а – без тележки; б – с установленной на мосту тележкой

Условия подъема парными мачтами и полиспастами с использованием строительных конструкций приведены в таблице 5.

Подъем тележек в случаях раздельного их подъема производится при помощи тех же подъемных средств, которыми монтируют мост; схемы подъема тележек приведены на рис. 7. Такелажное оборудование для подъема моста подбирают по таблице 6 в зависимости от его веса. В таблице для данного веса дано необходимое количество полиспастов и грузоподъемность блоков, запасовку полиспастов производят обычными методами.

Диаметры и длины канатов даны минимальные и уточняются на месте.

## Подъем мостовых кранов одиночными мачтами

Сущность схемы	Основное монтажное оборудование	Необходимые условия для применения схемы
Подъем моста в собранном виде с разворотом над подкрановыми путями (рис. 4, а)	Одна мачта с двумя полиспастами и двумя подъемными лебедками, установленная в центре моста	1. Расстояние $a$ от оси подкранового рельса до стены и колонны должно быть не менее, указанного в таблице 5
		2. Возможность выкладки моста вдоль цеха или под углом
То же	Два гусеничных крана типа СКГ-30	3. Вес моста не более 150 т Условия 1, 2
		4. Вес моста не более 60 т при подъеме с тележкой, включая ее вес
		5. Высота подкрановых путей не более $H_1 = 12$ м
То же, с установленной на мосту тележкой (рис. 4, б)	Одна мачта с двумя полиспастами и двумя подъемными лебедками	6. Расстояние $a$ от оси подкранового рельса до стены или колонны должно быть не менее, указанного в таблице 4
		7. Возможность выкладки моста вдоль цеха или под углом
Сущность схемы	Основное монтажное оборудование	Необходимые условия для применения схемы
Подъем моста в собранном виде, с установленной на мосту тележкой (рис. 4, в) Подъем моста в собранном виде поперек пролета с наклоном «рыбкой» (рис. 5, а) То же	Одна мачта с двумя полиспастами и двумя подъемными лебедками То же Два крана типа СКГ-30	8. Возможность смещение мачты и тележки от оси цеха
		9. Суммарный вес моста и тележки не более 150 т 10. Ширина моста менее расстояния между колоннами в свету 11. Наличие свободного проема между колоннами над подкрановыми путями 12. Расстояние $h$ от подкранового рельса до стропильной затяжки или перекрытия не менее указанного в таблице 4 13. Вес моста не более 60 т Условия 10, 11, 12, 13. Высота подкрановых путей не более 12 м

## Подъем мостовых кранов парными мачтами

Сущность схемы	Основное монтажное оборудование	Возможность применения схемы
<p>Подъем моста в собранном виде поперек пролета с наклоном («рыбкой») (рис. 5, б) или отдельными половинками</p> <p>Подъем моста в собранном виде поперек пролета с наклоном (рис. 6)</p>	<p>Две мачты, оснащенные полиспастами и подъемными лебедками</p> <p>Полиспасты, закрепленные за строительные конструкции цеха</p>	<p>Ширина моста менее расстояния между колоннами в свету</p> <p>Наличие свободного проема между колоннами над подкрановыми путями</p> <p>Расстояние от подкранового рельса до фермы нижней затяжки или перекрытия не менее, указанного в таблице 4</p> <p>Вес моста не более 250 т</p> <p>Допустимость приложения к конструкциям здания нагрузок, возникающих при подъеме</p>

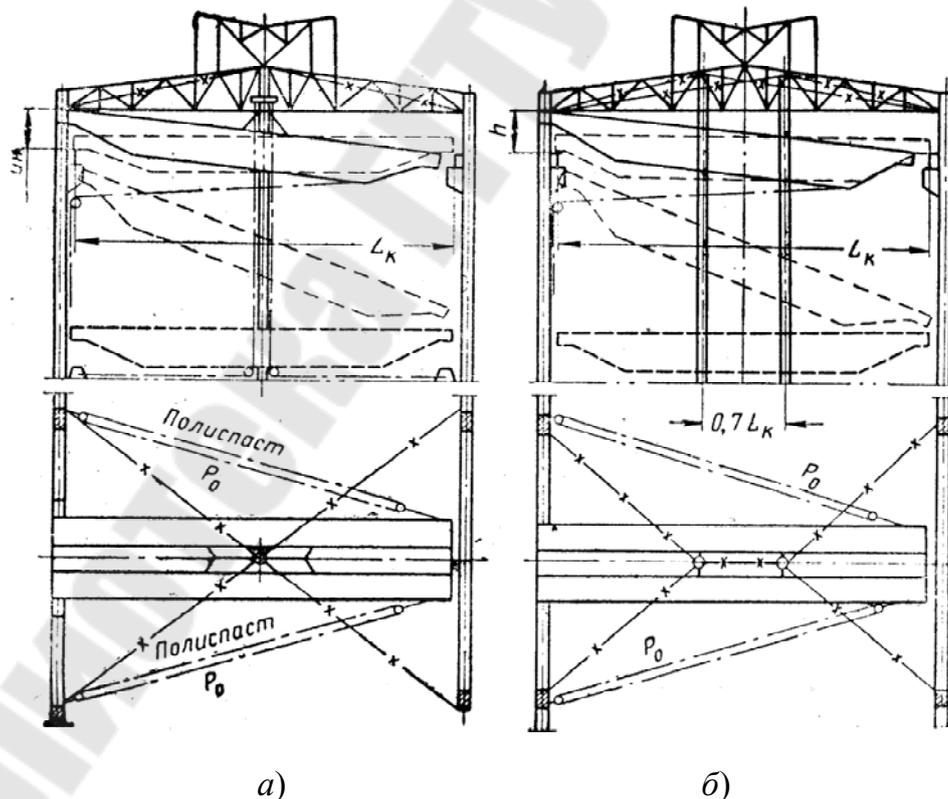


Рис. 5. Подъем мачтами рыбкой: а – одной мачтой; б – двумя мачтами



Таблица 7

### Усилия в полиспадах и характеристика такелажного оборудования

Вес моста, т	Количество полиспадов	Количество ниток в полиспате	Усилия, т		Блоки полиспадов		Блоки отводные		Лебедки подъемные		Канаты подъемные		Канат расчалок, диаметр, мм	
			в полиспате	на лебедку	Грузоподъемность, т	количество	Грузоподъемность, т	Количество	Грузоподъемность, т	Количество	Диаметр, мм	Длина, м		
5	1	2	5,0	2,76	5	2		1		1	17	4H	17,5	
10	2	4	5,0	2,9	10	4	5	1	3	1	19,5	2x4H		
15			8,0	2,37								2x6H		
20			10,6	2,3								2x8H		
30		8	20	15,6	3,1	30	4	10	2	5	2	22	2x9H	19,5
40				20,5	3,2									
50				26	4,1									
60				31	4,8									
70		12	50	36,5	4,45	50	4	4	6,3	4	24	2x14H	22	
80				41,5	5,0									
90				46,5	5,6									
100	2 Сдвоенные	2x8 2x13	52	4,3	30	8	-	5	5	24	2x20H	24		
150			78	4,6	50						2x28H			

*Примечание.* Длина подъемных канатов, указанная в таблице, учитывает также и расстояние от отводного блока до лебедки, равное  $H$ , где  $H$  – высота для закрепления верхнего блока.

### Практическая часть

1. Разработать схему монтажа крана.
  - 1.1. Ознакомиться с паспортом на мостовой литейный кран.
  - 1.2. Ознакомиться с планировкой участка и строительными чертежами промышленного здания.
  - 1.3. Выбрать наиболее рациональную схему монтажа, определить последовательность монтажных операций.

- 1.4. Выполнить эскиз монтажной схемы.
- 1.5. Используя монтажную схему и данные таблицы 4 подобрать размеры полиспатов ( $l_1$ ), стропов ( $l_2$ ), и мачты ( $H_2$ ,  $H_3$ ) над мостом крана.
- 1.6. Рассчитать высоту мачты  $H_4$ .
- 1.7. Произвести проверочный расчет общей высоты  $H_4$ .
2. Проверить правильность сборочных установок монтажа моста грузоподъемного крана.
  - 2.1. Произвести проверку правильности сборки моста крана на перекос.
  - 2.2. Произвести проверку правильности установки ходовых колес и расположения их осей.
  - 2.3. Результаты измерений занести в таблицу 8:

Таблица 8

№ п/п	Показатель	Измеряемый параметр	Значение	Допустимая величина
1	Перекос моста			
2	Правильность установки ходовых колес			
3	Расположение осей ходовых колес (опирание моста)			

2.4. Оценить качество сборки и установки механизмов. Сделать заключение о возможности эксплуатации крана.

### Контрольные вопросы

1. Существующие схемы монтажа мостов внутрицеховых мостовых кранов.
2. Существующие схемы монтажа грузоподъемных тележек.
3. Контрольные параметры правильности сборки моста.
4. Методика проверки перекоса моста.
5. Методика проверки правильности установки ходовых колес.
6. Методика проверки правильности установки осей ходовых колес или балансиров.
7. Этапы разработки схемы монтажа мостовых кранов.
8. Выбор размеров полиспатов.
9. Выбор размеров стропов.
10. Оборудование для монтажа мостовых кранов.

### **Лабораторная работа № 3**

## **Изучение конструкции, условий работы и расчет параметров производительности винтового конвейера**

**Цель работы:** ознакомиться с конструкцией и работой конвейера. Приобрести навыки выбора конвейера и параметров производительности.

### **Теоретическая часть**

Винтовой конвейер стационарного общего назначения предназначен для транспортирования сыпучих, мелкокусковых, вязких и тестообразных материалов на расстояние до 30...40 м.

Принцип работы конвейера заключается в следующем:

Груз перемещается по желобу с помощью вращающегося вала с лопастями, расположенными по винтовой линии. Насыпной груз подается в желоб через одно или несколько отверстий в крышке и при вращении винта продвигается скольжением вдоль желоба, подобно гайке, удерживаемой от вращений вместе с винтом. Силой, удерживающей груз от вращения с винтом, служит его вес, а также трение о желоб. Разгрузка из желоба производится через одно или несколько отверстий в днище, снабженных затворами. Частота вращения винта зависит от вида транспортируемого груза и диаметра винта. Она тем больше, чем меньше насыпная плотность и абразивные свойства грузов и чем больше диаметр винта.

Винтовой конвейер (рис. 1) состоит из неподвижного желоба, нижняя часть которого имеет форму полуцилиндра, закрытого сверху плоской крышкой, приводного вала, с укрепленными на нем лопастями транспортирующего винта; концевых и промежуточных опор; привода; загрузочного и разгрузочного устройств. Разгрузка горизонтального винтового конвейера может осуществляться в любом пункте через донные загрузочные отверстия. Загрузка конвейеров производится через люки в крышке желоба. При вращении винта груз перемещается витками винта по желобу. Винт изготавливают штамповкой из стального листа толщиной 4–8 мм, а затем приваривают к валу.

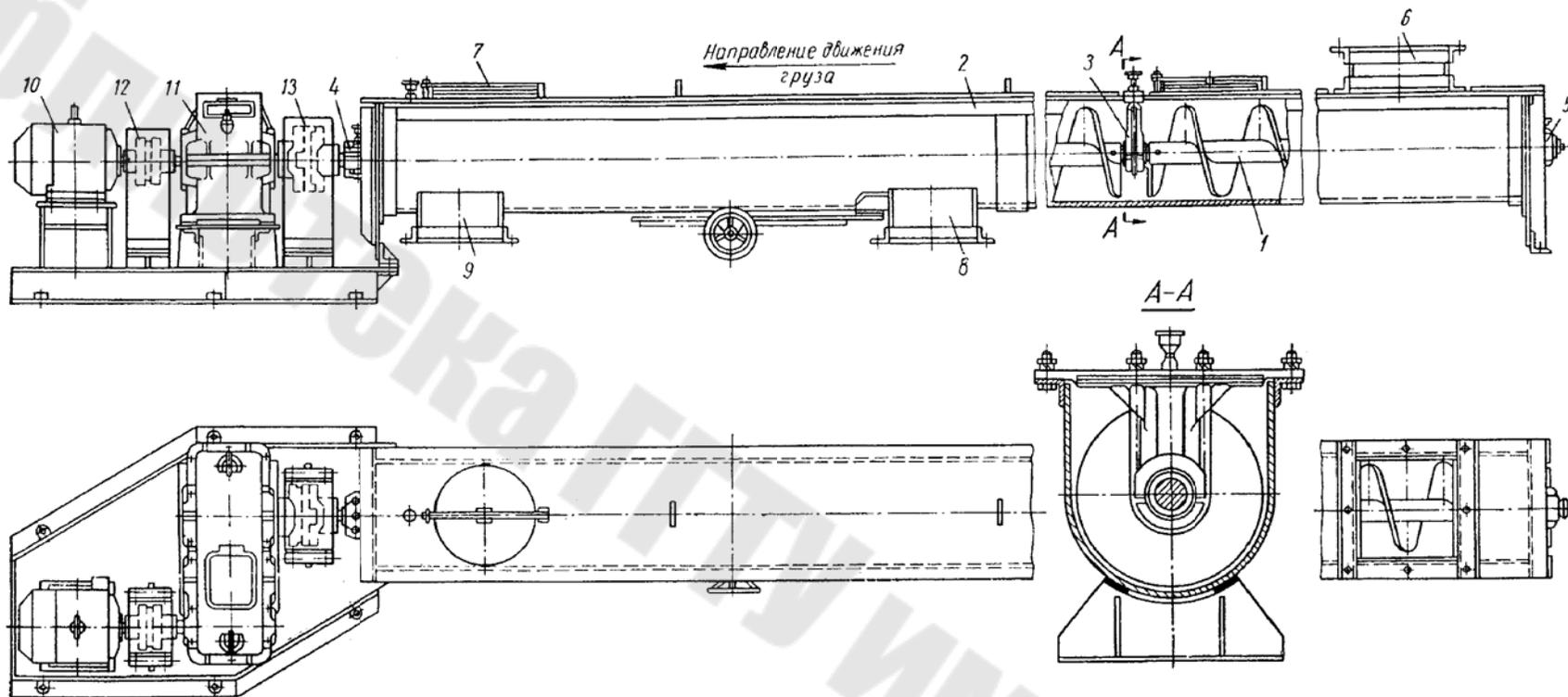


Рис. 1. Винтовой конвейер:

- 1 – вал с винтом; 2 – желоб; 3 – промежуточный подшипник; 4 – передний подшипник;  
 5 – задний подшипник; 6 – загрузочный патрубок; 7 – смотровой люк;  
 8 – промежуточный разгрузочный патрубок;  
 9 – концевой разгрузочный патрубок (открытый); 10 – электродвигатель; 11 – редуктор привода; 12 – упругая муфта; 13 – уравнивающая муфта

Винты конвейера бывают:

- сплошные – для транспортирования несслеживающихся насыпных мелкозернистых и порошковых грузов (цемента, мела и т. п.);
- ленточные – для транспортирования насыпных мелкокусковых грузов (гравия, песчаника и т. п.);
- фасонные – для транспортирования тестообразных грузов (глины, бетона и т. п.);
- лопастные – для транспортирования тестообразных грузов с одновременным интенсивным перемешиванием.

Свойства, характеризующие работу винтового конвейера:

1. Угол наклона конвейера принимается не более 20 град.
2. Расстояние между опорами винта 2,5–3,3 м.
3. Номинальная частота вращения винта выбирается согласно ГОСТ 6...190 мин.
4. Расчетная объемная производительность выбирается из ряда от 0,025...500 м<sup>3</sup>/ч.
5. Коэффициент заполнения желоба 0,4–0,125.
6. Коэффициент снижения производительности при наклонном конвейере, зависящий от  $\beta$ .
7. Шаг винта.

Винтовые конвейеры широко используются для транспортирования пылящих и горящих грузов, выделяющих вредные испарения и т. п., т. к. в этих конструкциях легко обеспечивается герметизация желоба. Длина винтовых конвейеров достигает 76 м, однако применение таких длинных конвейеров связано с большими эксплуатационными расходами. Перемещение груза может производиться как по горизонтали, так и вверх по наклонному желобам. Высота подъема достигает до 15 м, производительность конвейера – до 15 т/ч.

Расчетную объемную производительность следует выбирать из ряда по ГОСТ: от 0,025 до 500 м<sup>3</sup>/ч.

Недостатками винтовых конвейеров являются связанный со способом перемещения высокий удельный расход энергии, значительное истирание и измельчение груза, повышенный износ винта и желоба, а также чувствительность к перегрузкам, ведущая к образованию внутри желоба затора груза.

Этими качествами винтовых конвейеров определяется область их применения, ограниченная как свойствами насыпного груза по абразивности, липкости, слеживаемости, кусковатости, так и производительностью и расстоянием перемещения, которое редко превышает 30–40 м.

## Методика расчета

Производительность винтового конвейера ( $Q$ , кН/ч,  $V$ , м<sup>3</sup>/ч) зависит от диаметра винта  $D$  (м), шага винта  $s$  (м), числа оборотов винта  $n$  (об/мин) и коэффициента наполнения поперечного сечения винта  $\psi$ . Весовая производительность винтового конвейера, если  $\gamma_B$  (кН/м<sup>3</sup>) – насыпной вес груза,

$$Q_B = V \cdot \gamma_B = 60 \frac{\pi \cdot D^2}{4} s \cdot n \cdot \psi \cdot \gamma_B \cdot C = 47 D^2 s \cdot n \cdot \psi \cdot \gamma_B \cdot C, \text{ кН/ч.} \quad (1)$$

Скорость транспортирования:

$$v = \frac{s \cdot n}{60}, \text{ м/с,}$$

где  $s$  – шаг винта, м;  $\gamma_B$  – насыпной вес груза, кг/м;  $C$  – поправочный коэффициент, связанный с углом наклона конвейера.

Необходимый диаметр винта:

$$D = 0,275 \frac{Q}{n \cdot \psi \cdot \gamma_B \cdot R \cdot R_d},$$

где  $R_d = 1$  – для неабразивных материалов;  $R_d = 0,8$  – для абразивных материалов.

К абразивным относятся – руда, горные породы, кокс, известняк, щебень. К неабразивным – зерно, штучные пакетированные грузы, щепа, опилки.

Диаметр округляется по ГОСТ, а затем выбирается шаг винта.

Диаметр и шаг винта винтового конвейера (ГОСТ 2037–82) рассчитывается по таблице 1:

Таблица 1

Диаметр, мм	Шаг, мм	Диаметр, мм	Шаг, мм
100	80; 100	320	250; 320
125	100; 125	400	320; 400
160	125; 160	500	400; 500
200	160; 200	650	500; 650
250	320; 250	800	650; 800

### Пример расчета

Рассчитать винтовой конвейер для перемещения сырого песка, насыпной плотностью  $1,6 \text{ т/м}^3$ . Расчетная производительность  $40 \text{ т/ч}$ . Конвейер – горизонтальный.

### Решение

Необходимый диаметр винта

$$D = 0,275 \frac{Q}{0,8 \cdot 40 \cdot 0,125 \cdot 1,6 \cdot 1} = 508 \text{ мм.}$$

По таблице 1 назначаем диаметр винта  $D = 500 \text{ мм}$ . Шаг винта  $s = 400 \text{ мм}$ .

Максимально допустимая частота:

$$n = \frac{30}{0,5} = 42 \text{ мин.}$$

Скорость транспортирования:

$$V = \frac{42,5 \cdot 0,4}{60} = 0,2826 \text{ м/с.}$$

## Практическая часть

В соответствии с вариантом задания по заданным условиям (табл. 2) произвести расчет параметров транспортирования и подобрать винтовой конвейер.

### Варианты заданий

Рассчитать винтовой конвейер для перемещения груза, насыпной плотностью  $\rho \text{ (т/м}^3\text{)}$ . Расчетная производительность  $Q \text{ (т/ч)}$ . Конвейер – горизонтальный.

Таблица 2

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q, \text{ т/ч}$	40	63	32	50	25	100	50	63	80	125
$\rho, \text{ т/м}^3$	0,6–0,9	1,2–1,4	1,4–1,65	1,6–1,8	2,0–2,35	0,6–0,9	1,2–1,4	1,4–1,65	1,6–1,8	0,6–0,9
Вид груза	шлак	гипс	песок	глина	руда	зола	гипс	песок	глина	зола

## Контрольные вопросы

1. Область применения винтовых конвейеров.
2. Условия транспортирования грузов на винтовых конвейерах.
3. Устройство винтового конвейера.
4. Виды лопастей применяемых на винтовых конвейерах и условия их работы.
5. Преимущества винтовых конвейеров при транспортировании насыпных грузов.
6. Недостатки работы винтовых конвейеров при транспортировании насыпных грузов.
7. Регулирование параметров производительности винтовых конвейеров.

## **Лабораторная работа № 4**

### **Технология сборки и монтажа подъемно-транспортных машин в литейном производстве**

**Цель работы:** ознакомиться с технологией сборки и монтажа элементов грузоподъемных машин. Приобрести практические навыки по сборке и регулировке механизма натяжения транспортирующих машин непрерывного транспорта и узла крюковой подвески мостового крана.

#### **Теоретическая часть**

Заключительным этапом производства (ремонта, реконструкции) подъемно-транспортных машин, применяющихся в литейном производстве, в результате которого получают готовое изделие, является сборка. Сборочный чертеж изделия должен содержать следующее:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;

- размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному чертежу;

- указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

- номера позиций составных частей, входящих в изделие;

- размеры изделия;

- установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры.

На изделия, которые монтируют на месте их эксплуатации, создают монтажный чертеж. Такой чертеж должен содержать изображение монтируемого изделия, а также монтажных средств и изделий, применяемых при монтаже. На чертеже также показывается изделие, к которому крепится монтируемая машина.

**Виды сборки.** Виды сборки классифицируют по следующим основным признакам: объект сборки; стадии сборки; организация производства; последовательность сборки; подвижность объекта сборки; механизация и автоматизация сборки; точность сборки.

Стадия сборки характеризует процесс сборки по степени его законченности. Организация производства характеризует сборку изде-

лия или его основных частей в различных условиях организации выполнения технологического процесса. Последовательность сборки характеризует процесс сборки изделия или его составных частей, при котором сборочные операции выполняют одну за другой или одновременно. Подвижность объекта сборки отражает возможность перемещения изделия или его составных частей с одного рабочего места на другое. Точность сборки характеризует процесс сборки по методам достижения точности замыкающего звена.

**Технологическая схема сборки изделия.** Прежде чем разработать последовательность сборки изделия, необходимо изучить его конструкцию, выявить назначение и взаимосвязь его составных частей, определить возможные методы достижения заданной точности, способы корректировки размеров и допусков на них, другие условия сборки.

Разрабатывая последовательность сборки необходимо учитывать возможность выполнения следующих последовательных сборочных операций: слесарной обработки и пригонки деталей; предварительной сборки (узловая сборка); окончательной сборки (общая сборка); регулирования и наладки; испытаний; контроля; транспортирования сборочных единиц и изделия в целом.

При составлении технологических процессов сборки необходимо учитывать следующие рекомендации:

- по чертежам машины следует выявить функциональные сборочные единицы, а также отдельные детали, входящие непосредственно в машину;

- на общую сборку должно подаваться максимально возможное число предварительно собранных сборочных единиц; общая сборка должна быть освобождена от выполнения мелких соединений и различных вспомогательных работ;

- сборку любой сборочной единицы и машины в целом следует начинать с установки базовой детали или базовой сборочной единицы;

- в первую очередь необходимо монтировать детали и сборочные единицы, выполняющие в машине наиболее ответственные функции;

- при наличии в машине нескольких параллельно связанных размерных цепей сборку следует начинать с тех деталей и сборочных единиц, размеры которых являются общими звеньями и принадлежат нескольким размерным цепям.

Принятую последовательность сборки обычно оформляют в виде технологической схемы. Для оптимизации технологического про-

цесса сборки рекомендуется разработать несколько вариантов технологических схем. Критериями оптимальности при анализе таких схем могут быть минимальная трудоемкость сборки, наименьшее число рабочих на сборке, наименьший уровень затрат по сборке и др.

Оформление технологических процессов на сборку выполняют в соответствии с документами, определяемыми государственными стандартами системы ЕСТД. Эти стандарты определяют формы технологических документов на отдельные виды работ: сварку, слесарные, слесарно-сборочные и электромонтажные работы, пайку и др.

**Размерные цепи.** При разработке технологического процесса сборки изделия необходимо обеспечить точность сборочных работ.

Абсолютно точно собрать изделие невозможно, т. к. при сборке всегда будут появляться погрешности взаимного расположения составных частей.

Основными причинами появления погрешностей сборки могут быть: отклонения от точности размеров, геометрических форм и взаимного расположения поверхностей собираемых деталей; несовершенство качества поверхности деталей; отклонения от точности установки деталей при сборке; наличие остаточных напряжений в материале деталей; неточности сборочного оборудования и приспособлений; неточности наладки и настройки сборочного оборудования.

Наиболее прогрессивные приемы сборки можно реализовать при наличии взаимозаменяемых деталей.

**Операции контроля при сборочных работах.** Для предотвращения дефектов сборки машины и устранения погрешностей сборочных операций проводится контроль сборочных работ.

Погрешности, возникающие при сборке, возникают вследствие следующих причин: перекосов деталей в связи с неправильной их посадкой при сопряжении; остаточных деформаций, вызванных силами, приложенными при соединении деталей; деформации, возникающей при транспортировании и кантовании деталей и сборочных единиц; упругих деформаций, возникающих при сопряжении деталей; неточности регулирования взаимного положения деталей.

Число контрольных операций зависит от конкретных условий сборки той или иной машины, но в общем виде может включать следующие операции: внешний осмотр собранной сборочной единицы; проверку комплектности изделий; проверку правильности взаимного положения составных частей сборочной единицы; контроль надежности креплений и их стопорения; измерение присоединительных раз-

меров деталей, предназначенных для присоединения данной сборочной единицы к другим в составе изделия; проверку функционирования основных движений, которые совершает сборочная единица или ее элементы; проверку маркировки сборочной единицы; проведение приемосдаточных испытаний; контроль способов и качества консервации и упаковки; проверку наличия товаросопроводительной и эксплуатационной документации.

Целью внешнего осмотра сборочной единицы являются проверка правильности выполнения общей сборки и выявление местных деформаций элементов.

Проверка комплектности сборочной единицы помогает предотвратить возможные отказы при функционировании вследствие отсутствия какого-либо элемента (например, отсутствие одного или нескольких болтов в резьбовом соединении может служить причиной возможной аварии).

Правильность взаимного положения составных частей сборочной единицы позволяет обеспечить надежную собираемость в составе изделия.

От надежности крепления элементов сборочной единицы и особенно от надежности их стопорения во многом зависят работоспособность изделия и безопасность его эксплуатации.

Для обеспечения высокого качества сборки сборочных единиц изделия, а для крупногабаритных изделий (например, для мостового или башенного крана) качества монтажа необходимо строго контролировать присоединительные размеры элементов сборочной единицы.

Важной составной частью контроля сборки изделия является проверка функционирования составных частей (например, проверка вращения блоков, шкивов барабанов, подвижности рычагов и др.).

Проверка маркировки составных частей и изделия, качества его консервации и упаковки, а также комплектности товаросопроводительной и эксплуатационной документации направлена на создание нормальных условий доставки изделия на место эксплуатации, его монтажа и ввода в эксплуатацию.

**Технологические испытания сборочных единиц.** Технологические испытания сборочных единиц изделия проводятся в составе приемосдаточного контроля.

Такие испытания разделяются на две группы: входные испытания покупных изделий и выходные испытания изготовленных деталей и сборочных единиц.

Входные испытания покупных изделий, являющихся составными частями изготавливаемого изделия, проводят с целью исключения брака изделий, поступающих на завод с других предприятий и, как правило, проводятся выборочно, т. е. испытаниям подвергается только часть из общего объема покупных изделий.

Объем таких испытаний обычно зависит от задач, которые ставятся перед такими испытаниями. Например, если необходимо проверить соответствие покупного изделия его технической характеристике, то проверку выполняют по нескольким его основным параметрам. Ограниченность объемов таких испытаний определяется двумя факторами: покупные изделия обычно уже проходят такие испытания при приемосдаточном контроле предприятий, на которых они изготавливались, и высокой стоимостью этих испытаний.

Технологические испытания изготовленных деталей и сборочных единиц проводятся с целью обеспечения высокого качества изготовленных изделий и подтверждения их технико-эксплуатационных характеристик.

Таким испытаниям могут подвергаться отдельные наиболее ответственные детали (например, корпуса гидрораспределителей, корпуса гидроклапанов и др.), сборочные единицы различной сложности и полные комплексы изделий (например, гидравлическая система грузоподъемного крана).

Для проведения испытаний используют специальные испытательные стенды, которые обеспечивают функционирование испытуемых изделий в режимах, максимально приближенных к реальным условиям их эксплуатации.

### **Практическая часть**

1. Произвести сборку натяжного устройства ковшового элеватора.

Натяжное устройство (рис. 2) ковшового элеватора имеет винтовое устройство натяжения и пружинный элемент. Корпусы подшипников звездочек перемещаются в направляющих рамы.

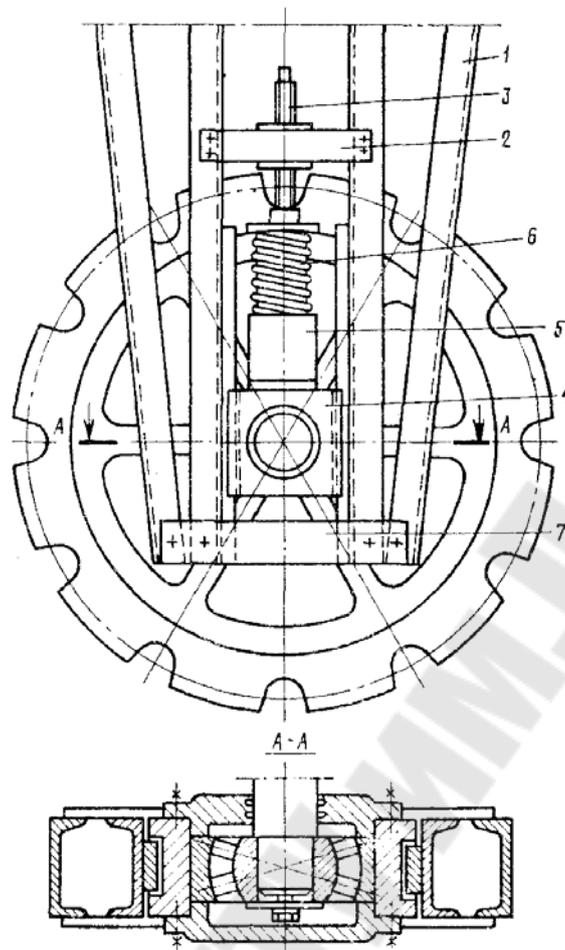


Рис. 2. Натяжное устройство ковшового элеватора

Технологический процесс сборки ковшового элеватора состоит в следующем.

На сборочное место поступают детали натяжного устройства и предварительно собранный технологический узел в составе оси, двух насаженных на нее звездочек и двух установленных корпусов подшипников качения. На раму 1 устанавливают и закрепляют опору 2 с гайкой натяжного винта. Натяжной винт 3 закручивают в гайку опоры.

Ось с корпусами подшипников 4 и звездочками устанавливают на технологическую подставку. К корпусу подшипников 4 прикрепляют болтами стакан 5, а в него устанавливают пружину 6. На собранную таким образом ось со звездочками устанавливается рама натяжного устройства таким образом, чтобы ее выступы попали в направляющие пазы корпусов подшипников, а регулировочный винт вошел своей проточкой в пружину. После предварительного сжатия пружин устанавливают ограничительные планки 7 и закрепляют их болтами.

## 2. Сборка крюковой подвески грузоподъемного крана.

С помощью крюковой подвески (рис. 3) грузоподъемного крана обеспечиваются подъем груза и его разворот вокруг вертикальной оси. Для этого крюк закреплен в траверсе на упорном шарикоподшипнике. Грузовые блоки подвески имеют ограждения, предотвращающие выпадание каната из ручьев блоков. Крюк имеет устройство, обеспечивающее замыкание зева крюка и предотвращающее выпадание грузоподъемных строп из зева крюка.

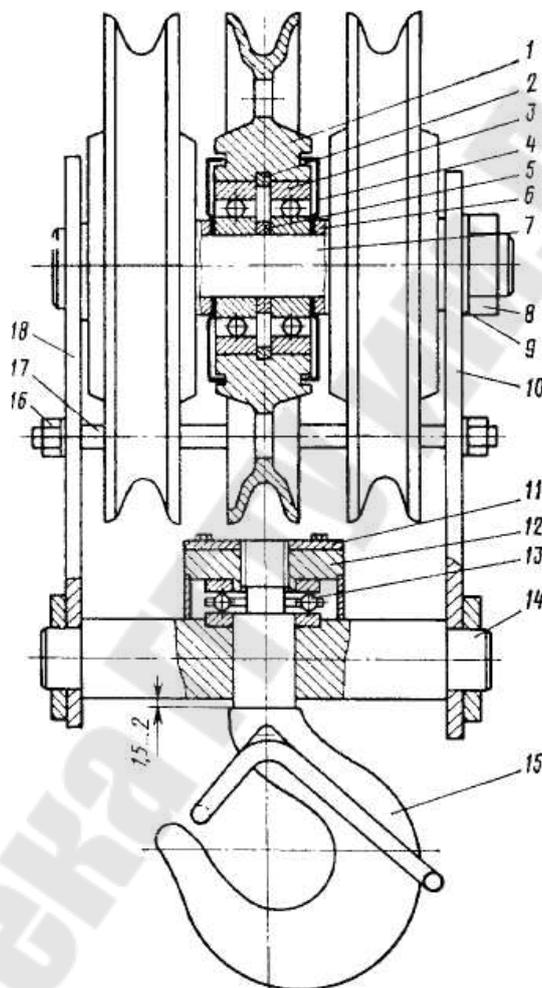


Рис. 3. Крюковая подвеска

При сборке крюковой подвески должны выполняться следующие технические требования: детали и сборочные узлы подвески на окончательную сборку должны пройти контроль и быть замаркированными; профиль ручья блока должен быть проверен специальным шаблоном, допустимый зазор между шаблоном и образующей профиля – не более 0,5 мм; резьба крюка должна быть чистой, не иметь вмятин, заусенцев и других дефектов; радиальное биение блока поверх-

ности канавки не должно иметь больше половины допуска на наружный диаметр.

Технологический процесс сборки крюковой подвески состоит в следующем.

Процесс сборки состоит из сборки двух технологических узлов: крюка с траверсой и оси блоков и окончательной сборки подвески. На крюк 15 насаживается траверса 14, затем устанавливается упорный подшипник 13 без верхней обоймы. Верхняя обойма подшипника запрессовывается в гайку 12 и гайку навинчивают на хвостовик крюка. Глубину закручивания гайки выбирают такой, чтобы был обеспечен зазор 1,5...2 мм между буртиком крюка и нижней поверхностью траверсы. Гайка контрится планкой 11 и болтами. Последним устанавливается стопорное устройство крюка при помощи оси, шайбы и шплинта. Узел блоков собирают в следующей последовательности. На ось 7 устанавливают щеку 18 подвески, дистанционную втулку 6, защитную крышку 4, подшипник 3, блок 1 с распорными втулками 2 и 5, опять подшипник, защитную крышку и дистанционную втулку. Подшипники на ось запрессовываются на гидропрессе при помощи технологических надставок. Аналогично собирают детали остальных двух блоков. При сборке каждого блока в подшипники закладывают смазку. Собранный указанным способом узел блоков подают на общую сборку, где в отверстие щеки 18 монтируют траверсу с крюком и соединяют оба сборочных узла второй щекой 10, устанавливают шайбу 9 и закручивают гайку 8 оси блоков. Затем устанавливают две стяжные шпильки 16 с дистанционными втулками 17, которые одновременно служат ограничителями, предохраняющими выпадание каната из ручьев блоков.

Собранная крюковая подвеска передается для технологических испытаний на специальный стенд.

### **Контрольные вопросы**

1. Классификация видов сборки.
2. Технологическая схема сборки и ее оформление.
3. Основные причины погрешности в сборке.
4. Виды контроля при сборочных работах.
5. Виды технологических испытаний сборочных единиц.
6. Входные испытания.
7. Содержание сборочных и монтажных чертежей.
8. Основные детали изучаемых узлов.
9. Технологический процесс сборки натяжного устройства.
10. Технологический процесс сборки крюковой подвески.

## **Лабораторная работа № 5 Устройство, применение и выбор установок пневмотранспорта**

**Цель работы:** ознакомиться с устройством, характеристиками и работой пневмотранспортных установок. Приобрести практические навыки расчета параметров пневмоустановок для транспортирования различных грузов.

### **Теоретическая часть**

Пневматический транспорт находит широкое применение в литейном производстве. Основными видами грузов, успешно перемещаемых пневматическим способом, являются бентонит, пылевидный кварц, сухие формовочные пески, зола и шлаки, химические компоненты различного назначения.

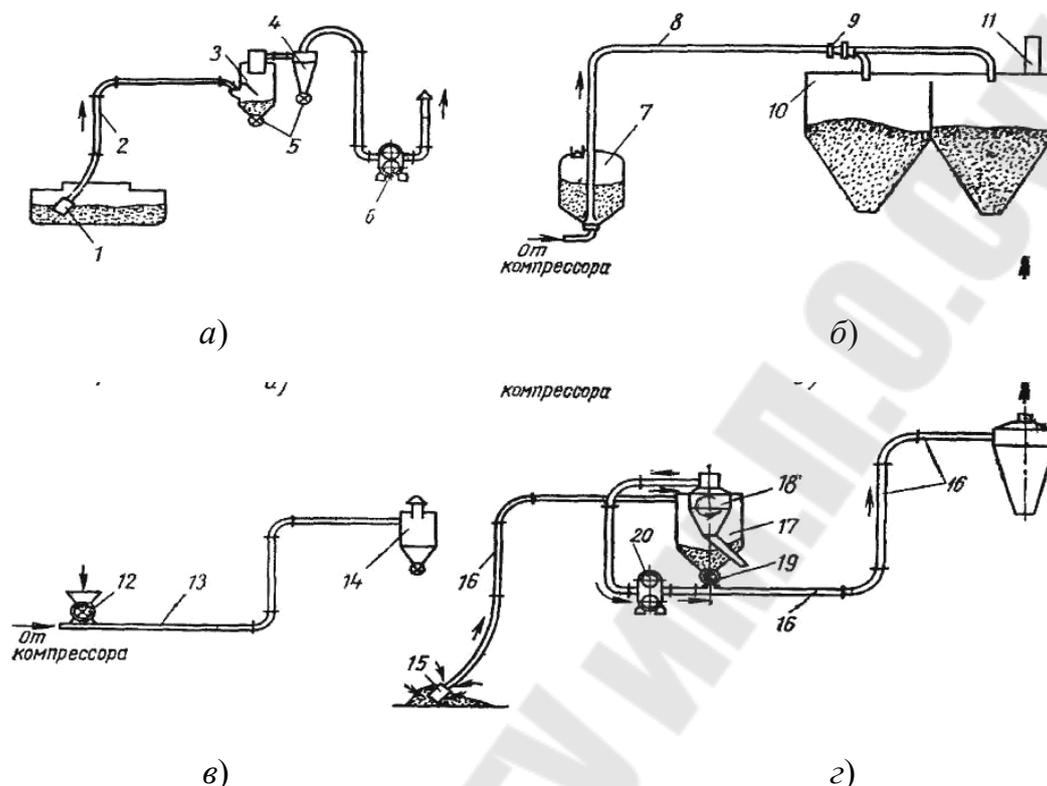
Подобно тому, как в гидротранспортных установках насыпной груз перемещается по трубопроводу в струе воды, на пневмотранспортных установках происходит его перемещение в струе воздуха.

Движение воздуха по трубопроводу происходит вследствие разности давления в начале и в конце его, создаваемой нагревательными или вакуумными насосами. Движущаяся по трубопроводу с большой скоростью струя воздуха образует с порошковым и нетяжелым мелкокусковым грузом более или менее однородную аэросмесь, заполняющую сечение трубопровода. При перемещении в воздушной струе кусковых грузов куски обычно перемещаются скачкообразно во взвешенном состоянии и частично скольжением по нижней стенке трубы.

В качестве воздухоудного оборудования, служащего для образования в трубопроводе перепада давления, в нагревательных системах принимают компрессоры, воздухоудки и вентиляторы, а в вакуумных системах – вакуум-насосы и вентиляторы.

**Устройство пневмоустановок.** По способу создания в трубопроводе разности давлений в начале и в конце трубопровода пневмотранспортные установки можно подразделить на три существенно отличающиеся группы: всасывающие (или вакуумные), нагнетательные и всасывающе-нагнетательные. В установках всасывающего типа грузы перемещаются в трубопроводе с давлением воздуха менее атмосферного, т. е. в разреженном воздухе; в установках нагнетательного типа – в струе сжатого воздуха; в установках всасывающе-нагнетательного типа – частью в трубопроводе с разреженным воздухом, частью – со сжатым. На рис. 1 показаны схемы основных типов

пневмотранспортных установок: *а* – всасывающий, *б* и *в* – нагнетательной, *г* – всасывающе-нагнетательный.



*Рис. 1.* Схемы основных типов пневмотранспортных установок: *а* – всасывающего типа; *б* – нагнетательного типа высокого давления; *в* – нагнетательного типа среднего давления; *г* – всасывающе-нагнетательного типа

Установка всасывающего типа: забираение груза производится через всасывающую насадку (сопло) *1*. По трубопроводу *2* груз транспортируется до приемного резервуара-отделителя *3*. Далее воздух отсасывается во второй резервуар меньшего объема – пылеуловительный циклон *4* и, пройдя воздуходувную машину *б*, через выхлопную трубу выбрасывается в атмосферу, а груз – через шлюзовые затворы *5*. Количество всасывающих трубопроводов с гибким шлангом и насадкой на таких установках – обычно 2–4.

В установках нагнетательного типа высокого давления сжатый воздух от компрессора поступает по трубопроводу в закрытый резервуар – камерный питатель *7*, из которого груз захватывается струей воздуха, транспортируется по трубопроводу *8* и с помощью переключателя *9* направляется в один из бункеров *10*. Из бункеров воздух через фильтр *11* выходит в атмосферу.

В установках нагнетательного типа среднего давления груз вводится в трубопровод сжатого воздуха барабанным ячеечным питателем 12 и по трубопроводу 13 транспортируется в отделитель 14.

В установках всасывающе-нагнетательного типа груз, пройдя отделитель 17, передается через шлюзовой затвор 19. Воздух очищается в пылеуловителе – циклоне 18. Такая схема допускает забирание груза всасыванием воздуходувкой 20 через насадку 15 и разветвление транспортного трубопровода 16 по обе части машинной части установки. Смешанные установки транспортируют груз до места его перегрузки обычно всасывающим трубопроводом и далее до места выгрузки – нагнетательным. Эти устройства позволяют собирать груз из нескольких пунктов загрузки и подавать его на несколько пунктов разгрузки. В промышленности эти установки используются при необходимости транспортирования на большие расстояния.

**Свойства, характеризующие работу пневмоустановок. Достоинства и недостатки.** Обычная производительность пневмоустановок – несколько десятков тонн, реже – сто тонн в час и более, обычные расстояния транспортирования – десятки метров, иногда несколько сотен метров, в отдельных случаях – до 1,5–2 км и более.

К достоинствам пневматического транспорта, способствующим области его применения можно отнести: герметичность системы, отсутствие потерь перемещаемых грузов; возможность, путем применения разветвленных трубопроводов, осуществлять перемещение грузов из нескольких мест в одно. При перемещении ряда вредных для здоровья химических продуктов и материалов оптимальным является применение пневмотранспорта.

К недостаткам относятся: высокий удельный расход энергии и интенсивный износ трубопровода и других частей установки. При перемещении порошкообразных и особенно тонкодисперсных материалов с частицами меньше 5–10 мкм усложняется отделение в конечном пункте этих частиц от выпускаемого из трубопровода воздуха.

Разновидностью пневматического транспортирования в смеси с воздухом является аэрация (насыщение воздухом) сухих, пылевидных грузов, вследствие чего они становятся как бы текучими и могут перемещаться под действием силы тяжести по специальным желобам, имеющим весьма малый уклон.

## Методика расчета параметров пневмотранспортной установки

Массовая концентрация смеси:

$$\mu = \frac{Q_s}{3,6 \gamma_0 v_0}, \frac{\text{кг груза}}{\text{кг воздуха}}.$$

Плотность воздуха можно принимать, как при атмосферном давлении  $\gamma_0 = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ;  $\mu = 1$  – в аспирационных (вентиляционных) системах;  $\mu = 5$  – при повышенном вакууме.

В системах пневмотранспорта различного давления весовая концентрация  $\mu = 8 \dots 25$ , а при пневмотранспорте аэрированными потоками  $\mu = 60 \dots 150$ .

На выбор  $\mu$  влияют: степень сыпучести и слеживаемости груза, склонность к комкованию, наличие влаги, характеристика трассы трубопровода. Энергоемкость пневмотранспорта повышается с уменьшением концентрации аэросмеси.

Критическая скорость:

$$u_{\text{кр}} = C_2 \sqrt{\mu \cdot a \cdot g \cdot D},$$

где  $C_2$  – эмпирическая (опытная) константа (табл. 1).

Таблица 1

### Значение эмпирической константы для транспортируемых грузов

Вид транспортируемого груза	Опытная константа ( $C_2$ )
Пылевидный	0,1
Зернистый	до 0,3
Кусковые (при содержании влаги до 4 %)	до 0,35

Сопротивление движению аэросмеси по трубопроводу, а следовательно, давление в начале нагнетательного трубопровода получается тем больше, чем выше величина приведенной длины трубопровода, концентрация и сопротивление движению чистого воздуха:

$$P_n = P_0 \left( 1 + C_3 \mu \frac{agD}{u^2} \right), \frac{\text{дан}}{\text{см}^2} (\text{атм.}),$$

где  $P_0$  – потери давления при движении чистого воздуха при изотермическом течении воздуха (при перепадах давления более 1 дан/см<sup>2</sup>).

$$P_0 = \sqrt{\frac{Q_0^2 RT \lambda L_{\text{пр}}}{F^2 g D \cdot 10^8} + P_{\text{к}}^2}, \frac{\text{дан}}{\text{см}^2} \text{ (атм.)},$$

где  $Q_0$  – количество воздуха в кг/с;  $R = 29,3$  – газовая постоянная;  $T$  – абсолютная температура окружающей среды, °С;  $\lambda$  – коэффициент сопротивления; для новых и коррозированных труб можно принимать для  $D = 150; 175; 200$  мм, соответственно  $\lambda = 0,016...0,02; 0,015...0,018; 0,014...0,016$ ;  $L_{\text{пр}}$  – приведенная длина трубопровода с учетом эквивалентных отрезков (табл. 2) для  $\mu \geq 10$ ;  $F$  – поперечное сечение трубопровода, м<sup>2</sup>;  $P_{\text{к}} = 1,05$  дан/см<sup>2</sup> (атм.) – давление на конце трубопровода;  $C_3$  – опытная константа;  $C_3 = 0,1...0,075$  (для грузов большой плотности берутся меньшие значения).

Таблица 2

### Данные об эквивалентных отрезках

Вид груза	Угол поворота, закругления (радиусом 0,7–1 м), град.					
	8...12	15	20	30	45	90
Длина отрезков, м						
Пылевидный	–	–	2	4	6	10
Зернистый	–	–	3	5	8	15
Кусковый	8	10	12	15	25	45

*Динамические потери давления:*

$$P_{\text{д}} = \frac{u^2}{2g} \gamma_0 (1 + \beta \mu) \frac{1}{10^4}, \text{ дан/см}^2 \text{ (атм.)},$$

где  $\beta = 0,35...0,85$  – показатель относительности скорости движения частиц. Для пылевидных грузов  $\beta = 0,60...0,85$ .

*Потери давления в поднимающихся коротких участках:*

$$P_h = (1 + \mu) \cdot \gamma_0 \cdot H_n, \text{ дан/см}^2 \text{ (атм.)}.$$

*Полное потребное давление:*

$$P = P_{\text{н}} + P_{\text{д}} + P_h + P_{\text{м}}, \text{ дан/см}^2 \text{ (атм.)},$$

где  $P_m$  – потери давления в загрузочном устройстве, примерно эквивалентные длине отрезка в месте закругления  $90^\circ$ ; в питателях без дозирующего механизма они достигают  $2\text{--}3 \text{ Н/см}^2$  ( $0,2\text{--}0,3 \text{ атм.}$ ).

*Потребное количество воздуха на выходе из воздуходувной машины для одной установки:*

$$V_0 = kV_0, \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $k = 1,1 \dots 1,15$  – коэффициент, учитывающий потери воздуха;  $V_0$  – потребный расход воздуха на транспортирование.

*Потребная мощность двигателя:*

$$N_m = \frac{k_2 \cdot L_m \cdot V_0}{102\eta}, \text{ кВт},$$

где  $L_m$  – теоретическая работа воздуходувной машины, отнесенная к  $1 \text{ м}^3$  засасываемого воздуха при изотермическом сжатии;

$$L_m = 23\,030 P_k \lg(P_n/P_k), \text{ кг}\cdot\text{м}/\text{м}^3,$$

где  $P_n$  и  $P_k$  – начальное и конечное давление сжатия;  $\eta = 0,65 \dots 0,85$  – КПД воздуходувной машины.

Для всех систем пневмотранспорта характерно перемещение твердых частиц или кусков при условии преимущественного влияния на движение гравитационного поля твердой фазы, плотность которой в тысячи раз больше плотности частиц. Поэтому на параметры транспортирования в горизонтальных трубах различных по крупности твердых частиц основное влияние оказывает их плотность и концентрация. Крупность частиц имеет значение в основном при выборе диаметра труб, при котором в наибольшей степени обеспечивается предупреждение завалов.

*Пример расчета*

Рассчитать параметры пневмоустановки для следующих условий: перемещается легко сыпучий мелкозернистый груз  $\gamma_s = 1200 \text{ кг}/\text{м}^3$  в количестве  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$  по горизонтальному трубопроводу длиной  $L = 200 \text{ м}$  с двумя закруглениями под углом  $90^\circ$  при концентрации  $\mu = 20$ ; в трассе трубопровода имеется вертикальный участок  $H = 10 \text{ м}$ .

*Решение*

1. Назначаем ориентировочно по пропускной способности трубопровода диаметр труб  $D = 0,15 \text{ м}$ . Тогда критическая скорость равна

$$u_{\text{кр}} = 0,25\sqrt{20 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,15} = 34,3 \text{ м/с},$$

где  $C_2 = 0,25$  – выбранное значение опытной константы.

$$a = (1200 - 1,2)/1,2 \approx 1000.$$

2. Расход воздуха:

$$V_0 = \frac{60 \cdot 1,2}{3,6 \cdot 90 \cdot 1,2} = 0,83 \text{ кг/с.}$$

Сравним критическую скорость с расходной:

$$U = \frac{4 \cdot (2490 + 60)}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2} = 40 \text{ м/с;}$$

$$U = \frac{4V}{3600\pi b^2} \geq U_{\text{кр}};$$

$$U > U_{\text{кр}}.$$

3. Потери давления при установившемся движении смеси:

$$P_{\text{н}} = 0,25 \left( 1 + 0,08 \cdot 20 \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,15}{40^2} \right) = 0,67 \text{ дан/см}^2,$$

где

$$P_0 = \sqrt{\frac{0,82^2 \cdot 29 \cdot 3 \cdot 283 \cdot 0,016 \cdot 230}{0,0176^2 \cdot 9,81 \cdot 0,15 \cdot 10^8}} - 1 = 0,25 \text{ дан/см}^2 (\text{атм.});$$

$T = 283$  °К – температура окружающей среды;  $\lambda = 0,016$  – коэффициент сопротивления;  $C_3 = 0,08$  – опытная константа;  $L_{\text{пр}} = 200 + 15 + 15 = 230$  м;  $P_k = 1,05$  дан/см<sup>2</sup> (атм.) – принятое давление в конце трубы.

Динамические потери давления:

$$P_{\text{д}} = \frac{40^2}{2 \cdot 9,81} 1,2(1 + 0,5 \cdot 20) \frac{1}{10^4} = 0,11 \text{ дан/см}^2 (\text{атм.}),$$

где  $\beta = 0,5$  – принятый показатель относительной скорости движения мелкозернистых частиц.

Потери давления в поднимающемся участке:

4. Полное потребное давление

$$P = 0,67 + 0,11 + 0,25 + 0,2 = 1,00 \text{ дан/см}^2,$$

где  $P_m = 0,2 \text{ дан/см}^2$ .

Потребное количество воздуха

$$V_6 = 1,15 - 0,83 = 0,98 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Потребная мощность двигателя:

$$N_m = \frac{1,1 \cdot 7230 \cdot 0,98}{102 \cdot 0,75} = 102 \text{ кВт},$$

где  $L_{пр} = 23030 \cdot 1,0 \cdot \lg \frac{2,0}{1,0} = 7230 \text{ кг} \cdot \text{м/м}^3$ ;  $\eta = 0,75$  – КПД воздуходувной машины;  $k_3 = 1,1$  – коэффициент запаса.

### Практическая часть

*Варианты заданий*

Рассчитать параметры пневматической установки горизонтального трубопровода с двумя закруглениями в количестве  $80 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Данные приведены в таблице 3:

Таблица 3

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Угол закруглений, град.	45	20	12	30	90	8	90	45	15	30
Высота трубопровода	6	5	8	9	12	15	7	4	10	и
Насыпной груз	п	з	к	з	к	к	п	з	к	п
Диаметр трубопровода, мм	160	160	200	150	160	200	160	160	200	150
Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	60	75	80	50	65	72	70	65	85	60
Длина трубопровода, м	200	150	210	240	175	170	180	190	150	200

*Примечание.* Обозначения: п – пылевидный; з – зернистый; к – кусковой.

## Контрольные вопросы

1. Область применения пневмоустановок в литейном производстве.
2. Принцип транспортирования насыпных грузов в установках пневмотранспорта.
3. Типы пневмотранспортных установок.
4. Элементы пневмотранспортных установок всасывающе-нагнетательного типа.
5. Элементы пневмотранспортных установок нагнетательного типа.
6. Элементы пневмотранспортных установок всасывающе-нагнетательного типа.
7. Принцип подбора и расчета пневмотранспортных установок.
8. Полное потребное количество воздуха в системе.
9. Потребное количество воздуха в системе.
10. Рабочие параметры пневмотранспортной установки.

## Приложение

### Характеристика наиболее распространенных насыпных грузов

Грузы	Группа абразивности	Насыпной вес, т/м <sup>3</sup>	Угол $\varphi$ естественного откоса в покое, град.	Средняя величина коэффициента трения в состоянии покоя $f_0$	
				по стали	по резине
Антрацит мелкий кусковой сухой	<i>C</i>	0,8–0,95	45	0,84	–
Агломерат железной руды	<i>D</i>	1,7–2,0	45	0,8–1,0	–
Апатитовый концентрат сухой	<i>D</i>	1,3–1,7	30–40	0,58	0,63
Гипс мелкокусковой	<i>B</i>	1,2–1,4	40	0,78	0,82
Глина сухая, мелкокусковая	<i>B</i>	1,0–1,5	50	0,75	–
Гравий рядовой округлый	<i>B</i>	1,6–1,9	30–45	0,8	–
Земля грунтовая сухая	<i>C</i>	1,2	30–45	0,8	–
Смесь формовочная выбитая	<i>C</i>	1,25–1,3	30–45	0,71	0,61
Зола сухая	<i>D</i>	0,4–0,6	40–50	0,84	–
Известняк мелкокусковой	<i>B</i>	1,2–1,5	40–45	0,56	–
Кокс среднекусковой	<i>D</i>	0,48–0,53	35–50	1,0	–
Мел порошкообразный сухой	<i>A</i>	0,95–1,2	40	0,6–0,8	–
Мука пшеничная	<i>A</i>	0,45–0,66	50–55	0,65	0,85
Овес	<i>A</i>	0,4–0,5	28–35	0,58	0,50
Опилки древесные	<i>A</i>	0,16–0,32	39	0,8	0,65
Песок сухой	<i>C</i>	1,4–1,65	30–35	0,8	0,56

Окончание

Грузы	Группа абразивности	Насыпной вес, т/м <sup>3</sup>	Угол $\varphi$ естественного откоса в покое, град.	Средняя величина коэффициента трения в состоянии покоя $f_0$	
				по стали	по резине
Пшеница	<i>A</i>	0,65–0,83	25–35	0,6	0,5
Руда железная, мелко- и среднекусовая	<i>D</i>	2,1–3,5	30–50	1,2	–
Сода кальцинированная	<i>A</i>	0,4–1,25	40–45	0,3–0,4	0,45–0,68
Торф кусковой сухой	<i>A</i>	0,33–0,5	32–45	0,6	–
Уголь каменный кусковой (рядовой)	<i>B</i>	0,65–0,8	30–45	0,45–0,8	0,6
Цемент сухой	<i>C</i>	1,0–1,3	40	0,65	0,64
Шлак каменноугольный сухой	<i>C</i>	0,6–0,9	35–50	1,0	0,66
Щебень сухой	<i>D</i>	1,8	35–45	0,74	0,6

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1	
Определение основных характеристик транспортируемых грузов .....	3
Лабораторная работа № 2	
Монтаж мостовых кранов.....	12
Лабораторная работа № 3	
Изучение конструкции, условий работы и расчет параметров производительности винтового конвейера .....	24
Лабораторная работа № 4	
Технология сборки и монтажа подъемно-транспортных машин в литейном производстве.....	30
Лабораторная работа № 5	
Устройство, применение и выбор установок пневмотранспорта.....	38
Приложение .....	47

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ.  
ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ**

**Лабораторный практикум  
по одноименным курсам  
для студентов специальностей 1-36 02 01  
«Машины и технология литейного производства»  
и 1-36 02 04 «Организация и управление  
литейным производством»  
дневной формы обучения**

Автор-составитель: **Одарченко Игорь Борисович**

Редактор

*Н. И. Жукова*

Компьютерная верстка

*Н. В. Широглазова*

Подписано в печать 06.02.07.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Цифровая печать. Усл. печ. л. 3,02. Уч. - изд. л. 2,82.

Изд. № 215.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)

<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:

Издательский центр

Учреждения образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0133207 от 30.04.2004 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48, т. 47-71-64.

