

ПРЕДИСЛОВИЕ

Транспорт является одним из определяющих факторов хозяйственной деятельности человека, без которой невозможно развитие человеческого общества. В сложном организме современных горнодобывающих предприятий, особенно с подземным способом разработки месторождений полезных ископаемых, транспорт выполняет роль своеобразной кровеносной системы, сбои и отказы функционирования которой парализуют, частично или полностью, выполнение технологических процессов по добыче полезного ископаемого и проведению подготовительных работ по ее осуществлению. Ни о какой рациональной и экономически эффективной деятельности горнодобывающего предприятия – шахты или рудника – не может быть и речи без хорошо налаженной работы его транспортной системы. Поэтому при подготовке инженерных кадров для горнодобывающей промышленности бывшего СССР в горных вузах страны вопросам транспорта шахт и рудников всегда уделялось особое внимание.

Однако формирование учебной транспортной дисциплины как самостоятельного предмета в учебных планах горных вузов происходило по мере развития и совершенствования горных транспортных машин и транспортных систем.

Вначале транспорт рассматривался в виде отдельных разделов общего курса горного дела. Повышение производительности шахт и рудников, насыщение их разнообразной и достаточной сложной транспортной техникой потребовало от горных инженеров хорошего знания горных транспортных машин и правил их эксплуатации для обеспечения надежного функционирования транспортных систем. Поэтому в ведущих горных вузах страны были созданы специализированные профилирующие кафедры рудничного транспорта, позже – горных транспортных машин. На этих кафедрах осуществлялось преподавание соответствующих транспортных дисциплин, внесенных в учебные планы подготовки горных инженеров; практически для всех специальностей,

выпускаемых горными вузами, были подготовлены учебники и учебные пособия для обеспечения проводимого кафедрами учебного процесса. Работа по подготовке учебной транспортной литературы осуществлялась в основном, на транспортных кафедрах ведущих горных вузов, таких как Московский горный институт, Ленинградский, Днепропетровский и Донецкий институты.

Приоритетная роль в создании первых учебников по транспортным дисциплинам, практически для всех специальностей студентов горных вузов, принадлежит профессору Московского горного института, чл.-корр. АН СССР А. О. Спиваковскому и профессорам возглавляемой им кафедры В. А. Дьякову, Ю. С. Пухову, А. В. Евневичу, А. В. Андрееву и Е. Е. Шешко.

В Ленинградском горном институте проф. В. И. Геронтьевым в соавторстве с Н. Т. Карелиным был написан выдержавший два издания учебник «Рудничный транспорт».

В Днепропетровском горном институте под редакцией проф. Б. А. Кузнецова коллективом авторов был написан и выдержал два издания учебник «Транспорт на горных предприятиях», предназначенный для всех специальностей горных вузов. В донецком индустриальном институте проф. И. Т. Штокманом написан и издан учебник для студентов конструкторской специальности.

Однако вся учебная литература по горному транспорту, в том числе подземному, была издана в период существования СССР.

В период перестройки и последующего образования Российской Федерации учебников по подземному транспорту не издавалось.

Между тем, в связи с появлением новых дисциплин в учебных планах подготовки горных инженеров, количество аудиторных часов для дисциплины «Горные транспортные машины» существенно сократилось, что потребовало от студентов самостоятельного изучения разделов этой дисциплины при выполнении курсовых и дипломных работ.

Настоящее пособие преследует цель: облегчить для студентов решение этой задачи в части ознакомления с конструкцией горных транспортных машин, правилами их эксплуатации, освоения методологии эксплуатационных расчетов, дать представление о современном состоянии горных транспортных машин и систем, используемых при добыче полезного ископаемого на угольных и рудных шахтах, о новых и перспективных образцах транспортного оборудования.

Авторы настоящего учебного пособия надеются, что оно также будет использоваться инженерно-техническими работниками горных предприятий России.

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТРАНСПОРТА ШАХТ И РУДНИКОВ

1.1. Понятие о транспорте. Основные термины и определения

Транспорт – один из важнейших технологических процессов, выполняемых на шахтах и рудниках при добыче полезного ископаемого, включающий погрузку и перемещение грузов в пределах этих горных предприятий.

Транспортные машины и оборудование являются техническими средствами для его осуществления.

Как и на любом промышленном предприятии, на шахтах и рудниках различают два вида транспорта: **внутренний**, служащий для перемещения полезного ископаемого, породы, вспомогательных грузов и людей в пределах конкретного рудника или шахты, и **внешний**, функционально связанный с внутренним и служащий для доставки оборудования и материалов, необходимых для выполнения всех технологических процессов при добыче полезного ископаемого и для отправки добытого полезного ископаемого потребителю.

Внутренний транспорт принято подразделять на **основной**, предназначенный для перемещения горной массы из добычных и проходческих забоев до пунктов перегрузки в средства внешнего транспорта или до мест формирования породных отвалов, и **вспомогательный**, предназначенный для доставки машин, оборудования, вспомогательных материалов, а также производственного персонала к месту работы и обратно.

Транспорт в забоях и по горным выработкам объединяют общим названием **подземный**, выделяя в нем **участковый** транспорт, **магистральный** и транспорт по наклонным стволам.

Транспорт объектов поверхностного комплекса шахты или рудника носит название **транспорт поверхности**.

Для обозначения процессов отдельных характерных участков подземного транспорта достаточно часто используют специфическую терминологию:

Доставка – перемещение грузов из добычных и проходческих забоев до средств магистрального транспорта.

Откатка – перемещение горной массы по горизонтальным и наклонным (до 30°) рельсовым путям.

Подъем – перемещение горной массы любым видом транспорта по наклонным (свыше 30°) стволам.

1.2. Грузы и грузопотоки шахт и рудников

1.2.1. Виды грузов, их свойства и характеристики

Все грузы, перемещаемые на шахтах и рудниках, подразделяют на штучные, наливные и насыпные.

Штучные (грузы в тарной упаковке, крепежные материалы, узлы оборудования, люди) характеризуются формой, габаритами, массой.

Наливные грузы – электролит, эмульсия, вода, смазочные материалы. Характеризуются объемом или массой. Штучные и наливные грузы относятся к категории вспомогательных. Их доля в общем объеме грузов шахт и рудников не превышает обычно 8–10%.

Насыпные грузы (уголь, руда, порода, закладочные материалы) основной вид грузов, транспортируемых на шахтах и рудниках. Они являются сыпучими материалами, состоящими из относительно однородных по составу кусков груза.

Характеристики и свойства насыпных грузов оказывают существенное влияние на конструкцию и условия эксплуатации транспортных машин и оборудования. К ним относятся: крупность, насыпная плотность, угол естественного откоса, абразивность, влажность, липкость, склонность к слеживанию и самовозгоранию.

Крупность или **кусковатость** материала определяется его гранулометрическим составом и характеризуется линейными размерами кусков груза по трем взаимоперпендикулярным направлениям, из которых наибольший условно называют длиной куска a .

Если в пробе груза группа наибольших кусков, имеющих длину от a_{\max} до $0.8 a_{\max}$, по массе будет составлять менее 10% массы пробы, то наибольшим типичным считают кусок, длина которого $a'_{\max} = 0.8 a_{\max}$. При большем процентном содержании по массе группы наибольших кусков в пробе груза наибольшим типичным считают кусок с длиной $a'_{\max} = a_{\max}$. В зависимости от однородности состава насыпные грузы подразделяют на рядовые и сортированные. Критерием для деления служит со-

отношение между максимальным и минимальным размерами кусков груза.

При $\frac{a_{\max}}{a_{\min}} \geq 2.5$ груз считается рядовым. При $\frac{a_{\max}}{a_{\min}} < 2.5$ – сортированным. Рядовые грузы характеризуются максимальным размером куска a_{\max} (мм), сортированные – средним $a_{\text{ср}} = \frac{a_{\max} + a_{\min}}{2}$.

Большинство насыпных грузов, в том числе угольных шахт, в зависимости от размера a (мм) типичного куска имеют следующую градацию:

пылевидные	менее 0.05
порошкообразные	от 0.05 до 0.5
зернистые	от 0.5 до 10.0
мелкокусковые	от 10.0 до 60.0
среднекусковые	от 60.0 до 160.0
крупнокусковые	более 160.0.

На рудных предприятиях и шахтах для насыпных грузов принята другая градация:

рудная мелочь	от рудной пыли до $a_{\max} = 100$ мм
руда средней крупности	от 100 до 300 мм
руда крупнокусовая	от 300 до 600 мм
руда очень крупная	более 600 мм.

При разработке жильных месторождений, где иногда осуществляется пороодоотборка из разрыхленной горной массы, выделяют особую градацию – **несортированную мелочь** с размерами кусков менее 50 мм.

Кондиционным называют кусок руды с максимально допустимым размером a_{\max} (обычно $300 \div 700$ мм), который можно загружать в транспортные средства.

Негабаритом называют кусок руды с размерами, превышающими кондиционные. Количество негабаритных кусков в общей рудной массе добычных блоков, выраженное в процентах, называют **выходом негабарита**. Обычно он не превышает 5–10%, но может достигать 30% при неблагоприятных условиях отбойки.

Процент выхода негабарита и его увеличение оказывают существенное влияние на технологический процесс транспортирования горной массы, приводя к увеличению расходов на

погрузочно-транспортные операции и вторичное дробление негабаритных кусков руды.

Крупность материала оказывает влияние на выбор вида транспортных машин, параметров (размеров, прочности) их конструктивных элементов, взаимодействующих с грузом. Например, пылевидные и порошкообразные грузы требуют применения транспортных средств специального исполнения, предотвращающих распыление и связанные с этим потери груза при транспортировании.

Насыпной плотностью ρ (т/м³) называют массу единицы объема свободно насыпанного материала. Насыпная плотность всегда меньше плотности ρ' материала в плотном массиве. Соотношение между ними определяется коэффициентом разрыхления материала $k_p = \rho'/\rho$. Для угля и мягких пород $k_p = 1.1-1.4$, для руды $k_p = 1.6-1.8$.

В зависимости от насыпной плотности (т/м³) грузы подразделяются на легкие ($\rho < 0.6$), средние ($0.6 < \rho < 1.1$) тяжелые ($1.1 < \rho < 2$) и весьма тяжелые ($\rho > 2$). Значения насыпной плотности некоторых материалов, транспортируемых на горных предприятиях, даны в табл. 1.1.

Угол естественного откоса. Груз, свободно насыпанный на горизонтальную плоскость, образует штабель конусной формы (рис. 1.1, а). Угол, образованный боковой поверхностью конуса с горизонтальной плоскостью, носит название угла естественного откоса. Его значения зависят от сцепления частичек груза между собой (подвижности материала), которые изменяются с изменением формы и размеров кусков, влажности и липкости материала.

В процессе транспортирования насыпного груза происходит его встряхивание, в результате чего угол естественного откоса уменьшается. Поэтому различают углы естественного откоса в покое (φ') (рис. 1.1, а) и в движении (φ) (рис. 1.1, б). Приблизительно считают $\varphi' \approx 0.7\varphi$. Средние значения углов естественного откоса для некоторых грузов приведены в табл. 1.1.

От угла естественного откоса в движении зависит площадь поперечного сечения струи транспортируемого груза, являющейся одним из параметров, используемых при определении производительности транспортной установки непрерывного действия. Угол естественного откоса в покое используют для определения объема штабеля насыпного груза.

Абразивность – свойство грузов истирать в процессе их загрузки, разгрузки и транспортирования соприкасающиеся с ними поверхности конструктивных элементов транспортирующих машин.

Таблица 1.1

Характеристика насыпных грузов

Транспортируемый груз	Подвижность частиц материала *	Насыпная плотность, т/м ³	Группа абразивности **	Угол естественного откоса, град		
				в движении	в покое	расчетный
Руда железная мелко-, средне- и крупнокусковая	С	2.1 ÷ 3.5	Д	22÷24	30 ÷ 35	20
Руда апатитовая	С	1.6 ÷ 1.7	Д	22÷24	30 ÷ 40	20
Антрацит:						
рядовой	Л	0.8 ÷ 1.0	С	22.5	45	20
мелкий сухой	Л	0.8 ÷ 0.95	С	18 ÷ 20	35 ÷ 40	20
Угли каменные:	—					
донецкие	Л	0.83 ÷ 0.91	В	15 ÷ 22	30 ÷ 45	20
кузнецкие	Л	0.82 ÷ 0.9	В	18 ÷ 22	35 ÷ 45	20
карагандинские	Л	0.8 ÷ 0.93	В	20	35 ÷ 45	20
Угли бурые:						
сухие	С	0.6 ÷ 0.90	В	20	35 ÷ 45	20
влажные	С	0.8 ÷ 1.0	В	20 ÷ 22	40 ÷ 50	20
Известняк средне- и крупнокусковой	С	1.5÷1, 7	В	20	40 ÷ 45	20

Примечание:

*Л – легкая, С – средняя;

** В – малоабразивный, С – среднеабразивный Д – высокой абразивности.

По степени абразивности насыпные грузы разделяются на четыре группы: А – неабразивные; В – малоабразивные; С – среднеабразивные; Д – высокой абразивности.

При выборе средств транспортирования абразивных грузов необходимо предусматривать меры против ускоренного изнашивания взаимодействующих с грузом деталей машин.

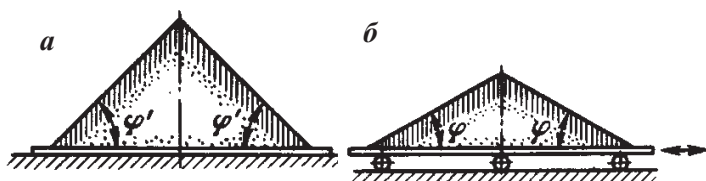


Рис. 1.1. Углы естественного откоса грузов

Влажность и связанная с ней липкость некоторых грузов серьезно затрудняет их транспортирование, разгрузку из бункеров, требует применения специальных очистных устройств для исполнительных органов машин, покрытия поверхностей конструктивных элементов машин и бункеров, контактирующих с грузом, материалами, снижающими эффект прилипания.

Склонность к слеживаемости и самовозгоранию – свойства, присущие некоторым сортам углей и сульфидным рудам.

Слеживаемость характеризуется потерей подвижности частиц материала при длительном хранении его в штабелях, особенно угольных складов, и в бункерах. Слеживаемость затрудняет транспортировку материала со складов, нарушает его нормальное истечение из бункеров. Для борьбы со слеживаемостью применяют различного рода разрыхлители (механические, пневматические, вибрационные).

Самовозгорание происходит при длительном хранении склонных к этому углей в штабелях, вследствие интенсивного окисления на воздухе, в результате которого происходит их нагрев с последующим образованием очагов самовозгорания. Для углей, склонных к самовозгоранию, ограничивают высоту штабеля складов, осуществляют контроль его температур.

1.2.2. Грузопотоки и производительность транспортных машин

Под грузопотоком понимают массу насыпных или штучных грузов, перемещаемую в объектах поверхностных комплексов и по подземным выработкам шахты или рудника транспортными установками в направлении, установленном технологией разработки месторождения полезного ископаемого.

На шахтах и рудниках в зависимости от направления транспортирования грузов различают прямой и обратный грузопотоки.

Прямой грузопоток является основным и представляет собой грузопоток добытого полезного ископаемого и породы, образующейся при проходке горных выработок, в направлении от забоев к околоствольному двору и далее на поверхность.

Обратный грузопоток – это грузопоток вспомогательных материалов, машин, оборудования, закладочных материалов и людей, направляемых с поверхности к подземным производственным участкам шахты или рудника. Трасса грузопотока может быть **однонаправленной и разветвленной** в зависимо-

В соответствии с этим различают суточный ($\text{м}^3/\text{сутки}$, $\text{т}/\text{сутки}$), сменный ($\text{м}^3/\text{смену}$, $\text{т}/\text{смену}$), часовой ($\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{т}/\text{ч}$) и минутный ($\text{м}^3/\text{мин}$, $\text{т}/\text{мин}$) грузопотоки.

Максимальные часовой и минутный грузопотоки являются важнейшими исходными данными при проектном выборе транспортной установки, который осуществляют с обязательным соблюдением правила: производительность транспортной установки (Q) должна быть не меньше максимальной интенсивности (I_{\max}) поступающего грузопотока:

$$Q \geq I_{\max}. \quad (1.1)$$

Несоблюдение этого правила приводит при $Q < I_{\max}$ к перегрузкам транспортных установок и отказам транспортных систем. Превышение производительности транспортной установки более чем на 15–20% против максимальной интенсивности грузопотока приводит к увеличению капитальных и эксплуатационных затрат на транспортирование груза.

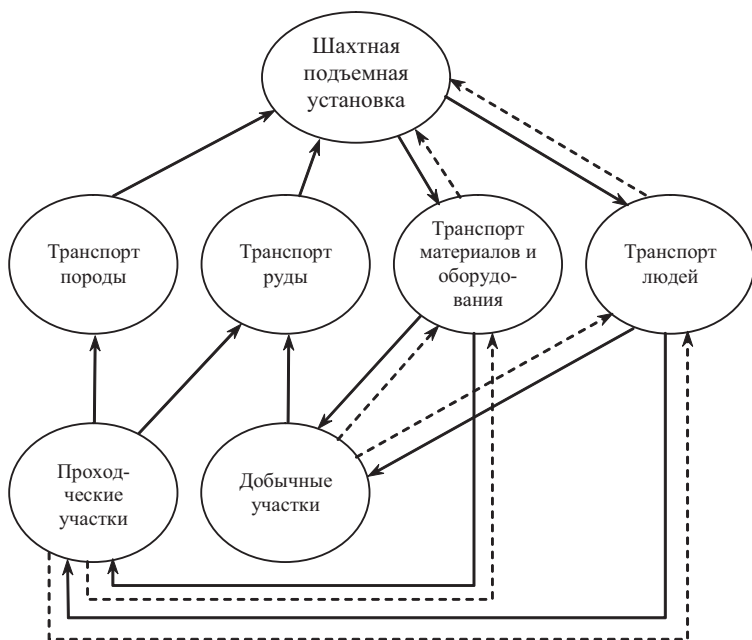


Рис. 1.3. Формализованная схема транспортных потоков железорудной шахты

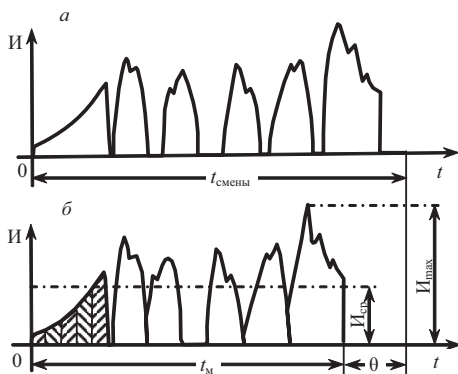


Рис. 1.4. Графики изменения интенсивности грузопотока:
а – в течение смены; *б* – за машинное время работы транспортной установки;
 θ – суммарное время перерывов в работе транспортной установки в течение смены.

Интенсивность грузопотока меняется во времени (рис. 1.4, *а*) под влиянием горногеологических, технических, технологических и организационных факторов, которые носят случайный характер. К ним относится неравномерное поступление угля, руды и породы из очистных и проходческих забоев, технологические и технические простои добычных и транспортных машин. В этих условиях определение максимальной интенсивности грузопотока, которую называют расчетной ($I_{\text{расч}}$), является достаточно сложным, требующим проведения в каждом конкретном случае теоретических и экспериментальных исследований. Поэтому в практике проектирования транспортных систем расчетную интенсивность грузопотока определяют с использованием коэффициента неравномерности грузопотока за машинное время (t_m) работы транспортной установки в течение смены или суток, который характеризует степень неравномерности грузопотока за машинное время

$$k_n = I_{\text{max}} / I_{\text{ср}}, \quad (1.2)$$

где I_{max} – максимальное значение интенсивности грузопотока;
 $I_{\text{ср}}$ – средняя интенсивность грузопотока.

Средняя интенсивность грузопотока за машинное время в течение смены (рис. 1.4, *б*).

$$I_{\text{ср}} = \frac{A_{\text{смены}}}{t_m} = \frac{A_{\text{смены}}}{t_{\text{смены}} k_m}, \text{ т/ч}, \quad (1.3)$$

где $A_{\text{смены}}$ – сменная производительность транспортной машины, т/смену; $t_{\text{смены}}$ – продолжительность смены, ч; $k_m = t_m/t_{\text{смены}}$ – коэффициент машинного времени работы транспортной установки, учитывающий время перерывов в ее работе по техническим, технологическим и организационным причинам; t_m – время непрерывной работы машины, ч.

Коэффициент машинного времени различен для разных видов транспортных установок, места их эксплуатации и надежности. Так, например, для скребковых конвейеров в лаве $k_m = 0.4 \div 0.65$, для ленточных конвейеров $k_m = 0.7 \div 0.85$.

Максимальная интенсивность I_{max} грузопотоков для различных условий эксплуатации угольных и рудных шахт установлена на основе результатов экспериментальных исследований и опытных данных, которые позволили получить обобщенные расчетные значения коэффициентов неравномерности грузопотока. В виде нормативных значений они используются при проектировании транспортных систем угольных и рудных шахт и содержатся в «Нормах технологического проектирования подземного транспорта шахт и рудников».

Значения коэффициента неравномерности грузопотоков по участковым выработкам всегда выше чем по магистральным, что объясняется более сложными условиями эксплуатации транспортных машин, снижающими их машинное время.

Снижение неравномерности грузопотока является прогрессивным направлением совершенствования транспортных систем и достигается путем включения в них аккумулярующих грузы устройств, в виде бункеров или аккумулярующих выработок, особенно на стыке участкового и магистрального транспорта. Коэффициенты неравномерности грузопотоков: участковые выработки шахт и рудников $2 \div 2.5$; магистральные выработки при отсутствии аккумуляющих устройств 1.5; магистральные выработки при наличии аккумуляющих устройств 1.25.

При сопоставлении производительности выбираемой транспортной установки с расчетной интенсивностью грузопотока в соответствии с формулой (1.1) следует руководствоваться следующим: под производительностью транспортных установок понимают количество груза ($t, \text{м}^3$), перемещаемого транспортной установкой в единицу времени (обычно за 1 ч). Часовая производительность транспортной установки ($Q, \text{т/ч}, \text{м}^3/\text{ч}$) является ее основным параметром.

Различают **теоретическую, техническую и эксплуатационную** производительности транспортных машин.

Теоретическая производительность (Q_T) – максимальная расчетная производительность машины без учета влияния на нее эксплуатационных и организационных факторов. Этот параметр используется при проектировании новых транспортных машин.

Техническая производительность ($Q_{\text{техн}}$) – максимальная производительность машины в конкретных условиях эксплуатации, без учета влияния на нее организационных факторов (остановок машины по организационно-техническим причинам).

Эксплуатационная производительность (Q_3) – среднечасовая производительность машины в конкретных условиях эксплуатации с учетом влияния на нее эксплуатационных и организационных факторов.

Соотношение между этими производительностями в реальных условиях определяется выражением:

$$Q_T > Q_{\text{техн}} > Q_3.$$

Таким образом, техническая производительность отражает возможную максимальную производительность транспортной машины в условиях идеальной организации труда и производства, а эксплуатационная – фактическую производительность машины, которую она развивает в конкретных условиях эксплуатации.

Часто используют понятие о **паспортной производительности**, под которой понимают техническую производительность машины в условиях эксплуатации, сформулированных в техническом задании на ее изготовление. Значение этой производительности вносится в технический паспорт машины в качестве ее важнейшего параметра. Следует помнить, что паспортная производительность машины практически всегда отличается от ее технической производительности в конкретных условиях эксплуатации. По значению паспортной производительности может осуществляться лишь ориентировочный выбор транспортной машины для конкретных условий эксплуатации с последующей проверкой этого параметра расчетом.

Таким образом, для выбора транспортной установки по формуле (1.1) следует оперировать значением ее технической производительности, применяя каталожную паспортную производительность машины и корректируя ее значение в техническую расчетом для конкретных условий эксплуатации.

При выборе конвейерного транспорта сопоставляют минутную приемную способность конвейера с максимальной минутной интенсивностью грузопотока, о чем более подробно сказано в разделе II.

ГЛАВА 2. ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ ШАХТ И РУДНИКОВ

2.1. Основные термины и определения

Изучение конструкции и правил эксплуатации любых машин, в том числе и транспортных, предопределяет необходимость использования горным инженером терминологии, установленной ГОСТ 15895-77 для всех видов машин, и специфичной, принятой в горной инженерной практике и современной технической литературе. Знание терминологии способствует ясности изложения материала изучаемого предмета и облегчает его усвоение.

Изделие – предмет производства, являющийся конечным продуктом для конкретного предприятия машиностроительной отрасли. Транспортные машины являются конечным продуктом заводов горного машиностроения. Например, конвейеры, электровозы, погрузочно-транспортные машины и т. д.

Деталь – неспецифицированное изделие или часть его, характеризующееся однородностью материала и изготовленное без применения сборочных операций. Например, зубчатое колесо, вал, шкив, болт, гайка и т. п.

Сборочная единица – специфицированное изделие, составные части которого соединены между собой при помощи сборочных операций на предприятии-изготовителе. Например, редуктор (в сборе), сварная рама машины и т. д.

Комплекс – два или более специфицированных изделий, не соединенных сборочными операциями на предприятии-изготовителе, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Например, добычной комплекс для угольных шахт включает добычной комбайн, скребковый конвейер, механизированную крепь, которые выполняют взаимосвязанные эксплуатационные функции по добыче угля в лаве. Транспортный комплекс шахты или рудника представляет собой технологическую линию, состоящую из однотипных или разнотипных транспортных машин, предназначенных для выполнения транспортных функций в пределах обособленного технологического участка предприятия. Например, участковый транспортный комплекс.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru