

*Вопросы для рассмотрения:*

1. Общие сведения о дисциплине.
2. Основные параметры и понятия, характеризующие грузы.
3. Грузопотоки горных предприятий.
4. Общая классификация транспортных средств.
5. Критерии оценки транспортных средств горных предприятий.

**Раздаточный материал:**

1. Классификация транспортных средств.
2. Надежность работы транспортных средств.

## **1. Введение**

Транспорт – греч. (transporto) – перемещение предметов по горизонтали и наклону. При углах  $90^\circ$  или около – подъем.

В зависимости от пользователя различают транспорт промышленный и общего пользования.

Транспортом общего пользования могут пользоваться физические и юридические лица, оплатив перевозку. Транспорт промышленный – часть технологического процесса конкретного производства (шахта, завод, фабрика). Виды промышленного транспорта и общего пользования в большинстве случаев разные (железнодорожный, воздушный, речной, морской), но могут и совпадать (автомобильный, железнодорожный и др.). Транспорт на горных предприятиях называют рудничным (шахты), карьерным (карьеры).

Промышленный транспорт на горных предприятиях (рудничный транспорт) часто весьма трудоемкий и дорогостоящий (до 30-60 % затрат в общих расходах на производство продукции).

Настоящая дисциплина «Основы теории транспорта» является нормативной в учебных планах специальностей направления «Горное дело». Она предшествует последующему изучению средств, систем и проектированию транспорта.

Цель курса – научить студента понимать основные физические процессы (картину работы), происходящие в средствах транспорта, грузопотоках, правильно выполнить проверочные расчеты основных средств и их узлов, оценить их целесообразность применения и выбор по общим критериям сравнения, дать сравнительную оценку достоинств и недостатков в конкретных условиях и др.

Цель достигается на основании запоминания основных определений и положений курса, алгоритмов решения задач и умения пользоваться ими и литературой при выполнении расчетов.

На изучение курса выделяется на семестр  $3 \times 54 = 162$  часов, из которых лекций  $20 \times 2 = 40$  и практических занятий 20 часов (аудиторных часов – 60, самостоятельное изучение, в т.ч. выполнение домашнего задания – 102 часов).

## 2. Грузы и грузопотоки горных предприятий

### 2.1. Характеристика грузов.

Грузы – подлежащие транспортированию тела – насыпные (массовые), штучные (единичные), наливные.

2.1.1. Основные параметры и понятия, характеризующие насыпные грузы.

Кусковатость, мм (гранулометрический состав) – количественное распределение кусков (частиц) по крупности. Крупность – наибольший результат измерения размеров одного куска. Этот размер, независимо от размеров по другим направлениям, принято называть размером куска, мм.

Проба (навеска) насыпанного груза имеет куски с разными максимальными размерами. Если  $a'_{\text{макс}}$  – максимальный размер наибольшего куска в пробе, а  $a''_{\text{макс}}$  – наименьшего, то рядовым или несортированным называют груз, где  $a'_{\text{макс}} / a''_{\text{макс}} \geq 2,5$ , в других случаях – сортированным.

Сортированный груз на транспорте характеризуют одним, средним размером куска  $a_{\text{ср}} = (a'_{\text{макс}} + a''_{\text{макс}}) / 2$ , мм, а рядовой – типичным размером, который зависит от количества кусков с размером от  $a'_{\text{макс}}$  до  $0,8 a'_{\text{макс}}$  в пробе: если масса таких кусков в пробе больше 10 % общей массы пробы – типичный размер равен  $a'_{\text{макс}}$ , если меньше – типичный размер равен  $0,8 a'_{\text{макс}}$ . В дальнейшем размеры куска, определенные как указано выше, будем обозначать буквой  $a$ , называть «размер куска» и добавлять «сортированный», «рядовой». В зависимости от  $a$ , гранулометрический состав насыпных грузов делят условно на группы:

Уголь и порода угольных шахт	Руда
$a < 0,05$ мм – пылевидный;	$a < 100$ мм – мелкокусковая;
$a = 0,05 - 0,5$ мм – порошкообразный;	$a = 100 - 300$ мм – среднекусковая;
$a = 0,5 - 10$ мм – зернистый;	$a = 300 - 600$ мм – крупнокусковая;
$a = 10 - 60$ мм – мелкокусковый;	$a > 600$ мм – особо крупная.
$a = 60 - 100$ мм – среднекусковый;	
$a > 160$ мм – крупнокусковый.	

Гранулометрический состав необходимо знать при расчетах ширины ленты конвейеров, желобов, выпускных отверстий бункеров и др.

Плотность ( $\text{т/м}^3$ ) – масса груза в единице объема. Обозначается  $\rho_{\text{ц}}$ ,  $\rho$  – соответственно в целике и в насыпке. Коэффициент разрыхленного груза  $k_{\text{разр}} = \rho_{\text{ц}} / \rho$ . Для мягких пород  $k_{\text{разр}} = 1,1 \dots 1,3$ , крепких 1,4-1,8

Угол естественного откоса  $\varphi_0$  и угол откоса в движении  $\varphi$ :

$$\varphi = (0,5 - 0,7) \varphi_0.$$

Влажность – содержание воды в % к массе сухого груза:

$$W = \frac{m_{\text{в}} - m_{\text{с}}}{m_{\text{с}}} \cdot 100\%,$$

$m_{\text{в}}$  и  $m_{\text{с}}$  – соответственно масса влажного и сухого.

Абразивность – свойство истирать элементы средств транспорта. Категории абразивности:

А – неабразивный – в горной промышленности нет;

В – малоабразивный – мокрая глина, угли;

С – среднеабразивный песок, антрацит;

Д – сильноабразивный – руда железная, бокситы и др.

Способность к самовозгоранию. Учитывается при складировании грузов; существуют нормативы допустимой высоты склада, бункеров и др.

2.1.2. *Наливные грузы* – вода, эмульсии, электролит, ГСМ и др. перевозятся в емкостях – цистернах, бочках, канистрах.

2.1.3. *Штучные грузы* – собственно штучные – оборудование, машины, шпалы, трубы, рельсы и др., а также штучные тарные перевозятся в вагонетках, на платформах, в пакетах, контейнерах, спец. таре.

Основное внимание в дальнейших главах уделяется перемещению сыпучих грузов – основных грузов подавляющего большинства горных предприятий.

## **2.2. Грузопотоки.**

Термин (поток груза) применяется в разных вариантах: от случая когда рассматривают действительно «поток» – непрерывную струю (конвейер), где каждое мгновение груз движется через определенное воображаемое сечение, до случая, когда привычного, зримого потока нет, например, локомотивной откатки, где груз транспортируется порциями, с перерывами.

На средства транспорта сыпучие грузы могут поступать в виде непрерывного или прерывного (отдельными порциями) потока (грузопоток). Источники грузопотока: добычные и проходческие машины; предшествующие данному транспортные средства; бункеры и питатели, и др.

Средства транспорта (конкретные транспортные машины, устройства), которые образуют транспортные комплексы и системы, призваны обеспечивать бесперебойный прием и одновременное, организованное по единому алгоритму транспортирование поступающего грузопотока.

Грузопоток характеризуют: видом (характером), направлением, количеством перемещаемого в единицу времени груза.

Виды: непрерывный неравномерный или непрерывный равномерный, например, конвейер; прерывный, периодический, например, локомотивный транспорт; одиночный – из одного забоя (источника); сходящиеся – из нескольких одиночных.

Направления: главные – перемещение полезного ископаемого от забоев к стволу; вспомогательные – материалы, оборудование, люди; попутные – потоки одного направления; встречные – потоки разных направлений.

В процессе транспортирования характер грузопотока может изменяться, например, непрерывный – прерывный и наоборот.

Для количественной характеристики грузопотока пользуются той же величиной, что и для характеристики транспортных средств – производительностью.

На схемах транспорта грузопотоки изображаются в виде цифр производительности средств транспорта или проще – в виде схемы цепи аппаратов.

### 3. Общая классификация и оценка средств транспорта горных предприятий

#### 3.1. Классификация.

3.1.1. *По назначению* – собственно транспортные средства; вспомогательное транспортное оборудование.

Собственно транспортные средства:

3.1.2. *По характеру работы во времени:* непрерывного действия; периодического действия.

3.1.3. *По способу перемещения груза:* скольжением; на грузонесущих органах; в сосудах; в среде (вода, воздух).

3.1.4. *По конструктивному признаку:* конвейеры; пневмо- и гидротранспортные установки; подвесные канатные и монорельсовые дороги; скреперные установки; канатные откатки по рельсовым путям; локомотивный транспорт; автомобильный транспорт; транспорт самоходными вагонетками.

Вспомогательное транспортное оборудование: перегружатели; питатели; бункерные затворы и бункеры; опрокидыватели; компенсаторы высоты; толкатели; путевые устройства.

Иногда к транспортным средствам относят погрузочные и складочные машины.

#### 3.2. Критерии оценки транспортных средств

3.2.1. *Общие сведения.*

Многообразие средств транспорта, которые применяются в условиях горных предприятий, создает потребность иметь общие критерии (показатели, параметры, подходы), которыми можно было бы пользоваться при сравнении, выборе или оценке применимости транспортных средств. Такие критерии позволяют осуществлять выбор наиболее целесообразного варианта из нескольких возможных при проектировании транспортных систем, их замене и др.

Различают критерии:

- функциональные, которые характеризуют наиболее важные, общие для нескольких вариантов транспортных машин, показатели при реализации (выполнении) функций машин;
- технологические, связанные с возможностями и простотой изготовления машин;
- экономические, определяющие абсолютные или приведенные (отдельные) затраты при реализации функции машины;
- антропологические, связанные с вопросами человеческого фактора.

Главным для пользователей – специалистов по эксплуатации машин, являются функциональные.

3.2.2. *Функциональные критерии*

а) Производительность. Критерий, характеризующий основную функцию машины. Вопросы производительности рассматриваются ниже.

б) Пределные характеристики трассы.

Трасса – проекция оси пути транспортирования на вертикальную и горизонтальную плоскости. Виды: прямолинейная, криволинейная (искривленная), горизонтальная, наклонная с постоянным и переменным углом наклона.

Характерными для каждого вида транспорта являются максимальные значения: длины транспортирования, высоты подъема груза (для грузоподъемных машин), угла наклона к горизонту, радиуса кривизны в плане и профиле.

Эти критерии определяются видом и конструктивными особенностями средств перемещения и свойствами грузов.

в) Грузоподъемность – максимальная масса груза, которую транспортное средство может поднять и переместить (грузоподъемные и самоходные машины и емкости).

г) Надежность – свойство (способность) машины выполнять функции во времени без отказов (поломок) (сохранения работоспособности во времени). Для характеристики этого свойства единого критерия нет. Чаще всего надежность характеризуется следующими критериями:

– безотказность – измеряют частотой (интенсивностью) отказов

$$\lambda = \frac{1}{t_{отк.}}, \text{ отк/час,} \quad (3.1)$$

где  $t_{отк.}$  – среднее время наработки на один отказ.

$$t_{отк.} = \frac{t_{отк.1} + t_{отк.2} + \dots + t_{отк.n}}{n}, \text{ ч,} \quad (3.2)$$

здесь  $t_{отк.1}, t_{отк.2} \dots$  – время наработки (безотказной работы) между отказами

Аналогично  $t_{вос}$  – среднее время ликвидации отказа (восстановления).

– вероятность безотказной работы в течение заданного времени  $t$

$$P(t) = e^{-\lambda t}. \quad (3.3)$$

Частота отказов последовательной цепи машин (без резерва)

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n, \frac{1}{ч}, \quad (3.4)$$

Если установки одинаковы и интенсивность отказов каждой  $\lambda_o$ , то:

$$P(t) = e^{-\lambda_o n t}, \quad (3.5)$$

т.е. безотказность системы снижается с ростом  $n$ ; чем, цепь сложнее, тем она менее надежна.

– Готовность характеризуется коэффициентом готовности

$$k_2 = \frac{t_{отк}}{t_{отк} + t_{вос}}. \quad (3.6)$$

– Ремонтопригодность характеризуется  $t_{вос}$  – средней продолжительностью восстановления отказа (временем ликвидации поломок). Коэффициент ремонтности

$$k_{рем} = \frac{t_{вос}}{t_{отк} + t_{вос}}. \quad (3.7)$$

Значение  $k_2$  (величина безразмерная) можно рассматривать как:

- вероятность застать установку в работоспособном состоянии в произвольный момент времени;
- специальный коэффициент машинного времени – коэффициент использования машины во времени с учетом потерь времени «по вине» машины (учет только  $t$  работы и  $t$  ремонта).

Для последовательной цепи (системы) установок  $k_2 = k_{21} \cdot k_{22} \cdot \dots \cdot k_{2n}$ , а если  $k_{20}$  – коэффициент готовности каждой из  $n$  установок, то  $k_2 = k_{20}^n$ , т.е. готовность снижается с ростом  $n$ .

Коэффициенты готовности и ремонтпригодности связаны:  $k_2 + k_{рем} = 1$ .

Надежность закладывается при проектировании и изготовлении машин. При эксплуатации надежность, «расходуется», причем скорость расходования зависит от нагрузок, методов эксплуатации, условий эксплуатации, квалификации персонала. Повышение надежности – задача горного машиностроения. Улучшение использования надежности – задача эксплуатационников.

д) Измельчение угля (продукта добычи) при транспортировании и складировании. Зависит от способов транспорта (вида транспортного средства) и способов складирования и обслуживания складов. Повышенный выход мелочи во многих случаях существенно снижает цену конечного продукта.

Соответствующим выбором машин можно снизить измельчение. В литературе приведены таблицы по измельчению угля разными транспортными средствами, которые следует учитывать.

е) Безопасность измеряется существующими цифрами травматизма и несчастных случаев при эксплуатации различных видов транспорта.

Обеспечивается совершенством конструкции оборудования и технологическими аспектами его эксплуатации, а также степенью выполнения всех требований Правил безопасности как при создании (конструировании, изготовлении) машин, так и особенно при ее эксплуатации.

Практика показывает, что примерно 20-40 % тяжелых несчастных случаев на угольных шахтах происходят на транспорте, а 20-30 % из этой доли происходят из-за несовершенства и конструктивных недостатков машин и механизмов. Из применяемых на шахтах видов транспорта наибольший травматизм (несчастные случаи) имеет место на рельсовом транспорте (канатная и локомотивная откатка).

### 3.2.3. Технологические критерии.

Пользователями транспортных машин, как правило, не используются.

Основные из них: трудоемкость изготовления средства транспорта; технологические возможности (простота конструкции, степень использования уже существующих элементов и деталей); материалы, из которых изготавливаются элементы машины (качество и стоимость самого материала, количество отходов при изготовлении).

### *3.2.4. Экономические критерии.*

При эксплуатации экономичность оценивается эксплуатационными расходами, выраженными в абсолютных или относительных величинах. Абсолютные величины – годовыми эксплуатационными расходами или стоимостью машино-смены. Относительные – себестоимостью транспортирования 1 т груза.

### *3.2.5. Антропологические критерии.*

Отражают соответствие и приспособленность машины к человеку, степень дискомфорта, степень формирования положительных эмоций, степень вредных и опасных воздействий на человека.

Основные из них: эргономичность (свойство системы человек-машина изменять результаты работы в зависимости от «удобств» человеку-оператору); вредное или опасное влияние на человека (безопасность): (вероятность травмы, уровень действия электрического, магнитного или радиационного полей, звуковая или вибрационная нагрузка, концентрация вредных веществ в воздухе и др.); экологичность (взаимоотношение между природой и машиной с точки зрения комфортности и возможности жизни людей, изменений природы во время работы и в будущем).

### **Рекомендуемая литература:**

1. Біліченко М.Я. Основи теорії та розрахунки транспортних засобів механізації переміщення вантажів шахт. Навчальний посібник - Дніпропетровськ: НГУ, 2002. – 102с. (стр. 4 - 10)
2. Транспорт на горных предприятиях / Под ред.. проф, Б.А. Кузнецова. М.: Недра, 1976, - 552 с. (стр. )
3. Основные положения по проектированию подземного транспорта для новых и действующих угольных шахт. - М.; ИГД им. А.А. Скочинского, 1986, - 355 с.
4. Шахтный транспорт шахт и рудников: Справочник / Под ред. Г.Я. Пейсаховича, И.Л. Ремизова. - М.: Недра, 1985. - 565 с.

## Классификация транспортных средств

Транспортные средства классифицируются по следующим признакам:

### **1) по назначению:**

- основной транспорт;
- вспомогательный.

### **2) по характеру работ во времени:**

- непрерывного действия (конвейерный транспорт);
- периодического (локомотивная откатка, автомобильный транспорт).

### **3) по способу перемещение груза:**

- скольжением по почве или желобам;
- на грузонесущих органах (ленты, ковш), относительно которых груз неподвижен;
- в сосудах (вагонетках, автомобилях);
- инерционные ( в среде вода – гидротранспортные; в среде воздух – пневмотранспортные).

### **4) по конструкции:**

#### Основное транспортное оборудование:

- |   |   |                         |
|---|---|-------------------------|
| 1. Конвейеры (скребковые, ленточные, пластинчатые, вибрационные, винтовые).       | } | непрерывного действия   |
| 2. Гидро– и пневмотранспорт.  |   |                         |
| 3. Подвесные, воздушно-канатные дороги, которые используют в гористых местностях. | } | периодического действия |
| 4. Скреперные установки.  |   |                         |
| 5. Установки для откатки канатом по рельсам.                                      |   |                         |
| 6. Локомотивный транспорт.  |   |                         |
| 7. Транспорт с самоходным оборудованием.  |   |                         |
| 8. Автомобильный транспорт.   |   |                         |

Вспомогательное оборудование: перегружатели, питатели, бункерные запоры, опрокидыватели, толкатели, компенсаторы высоты, путевые устройства для остановки и регулирования хода вагонеток и др.

## Надежность работы транспортных средств

Основные критерии: *безотказность, ремонтпригодность, готовность.*

Безотказность характеризуется интенсивность отказов  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{1}{t_{om}}, \text{отказов/ч,}$$

где  $t_{om}$  – наработка на один отказ, т.е. средняя длительность работы между отказами (поломками), ч.

Показателем безотказности является вероятность  $P(t)$  безотказной работы в течение заданного времени  $t$ :

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

Если установки образуют последовательную цепь, то

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n, \text{ 1/ч,}$$

где  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$  – интенсивность отказов каждого элемента цепи, 1/ч.

Если цепь состоит из  $n$  одинаковых установок с интенсивностью отказов каждой  $\lambda_0$ , то:

$$P(t) = e^{-\lambda_0 n t}$$

т.е. безотказность системы понижается с ростом  $n$  в степенной зависимости, или иначе, чем сложнее цепь, тем она менее безотказна.

Ремонтпригодность характеризуется  $t_{вос}$  – средней продолжительностью восстановления отказа (временем ликвидации поломок). Коэффициент ремонтпригодности:

$$K_{рем} = \frac{t_{вос}}{t_{om} + t_{вос}}$$

Готовность оценивается коэффициентом готовности:

$$K_{гом} = \frac{t_{om}}{t_{om} + t_{вос}}$$

Для последовательной системы установок:

$$k_z = k_{z1} \cdot k_{z2} \cdot k_{z3} \cdot \dots \cdot k_{zn},$$

где  $k_{z1} \cdot k_{z2} \cdot k_{z3} \cdot \dots$  - коэффициент готовности каждого элемента цепи.

$$K_{гом} = K_{рем} = 1$$

## Лекция № 2.

### Тема: ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Вопросы для рассмотрения:

1. **Основные понятия. Виды производительности. Графики.**
2. Теоретическая производительность установок (машин) периодического действия.
3. Теоретическая производительность установок непрерывного действия по вместимости грузонесущего элемента (приемная способность).
4. Теоретическая производительность установок непрерывного действия по силовым факторам.

#### **Раздаточный материал:**

1. Графики количества поступающего груза и производительности.
2. Схема к определению производительности средств периодического а) и непрерывного б) действия.
3. Схема к расчету производительности установок непрерывного действия.

## **4. Производительность средств перемещения сыпучих грузов**

### **4.1. Основные понятия. Виды производительности. Графики.**

Определение: производительность  $Q$  – количество груза, перемещаемого в единицу времени. Размерности – массовая – т/ч (мин, см. сутки); объемная – м<sup>3</sup>/ч (мин, см. сутки). Иногда  $Q$  измеряется условными единицами транспортной работы (тоннокилометры) – ткм/ч, ткм/см, ткм/сутки.

Графики (рис. 4.1) изменения количества груза  $m$  (гр. 1) и производительности  $Q$  (гр. 2, 3, 4) в течение машинного времени  $t_m$  для трех возможных видов грузопотока: непрерывных – неравномерного  $a$  и равномерного  $b$ , прерывного  $в$ . Обращается главное внимание, что конечный результат ( $m_k$ ) одинаков, однако производительности потоков в разное время разные.

Графики  $m$  могут быть получены путем непрерывного измерения массы в конечном пункте транспортирования, а графики  $Q$  – путем дифференцирования графика  $m$  или другими способами (см. 4.4).

Понятия: машинное время  $t_m$  – суммарное время работы машины непрерывного действия (даже вхолостую) за смену  $t_{см}$ ; рабочее время  $t_p$  – суммарное время работы транспортного средства периодического действия (включает и все технологические остановки за рабочие циклы).

Виды производительности:

– мгновенная  $Q_{мгн} = \frac{dm}{dt}$ , т/ч – значение ординаты в любом месте на графиках 2

и 3 (рис. 4.1). Понятие имеет смысл только для средств непрерывного действия (конвейеры);

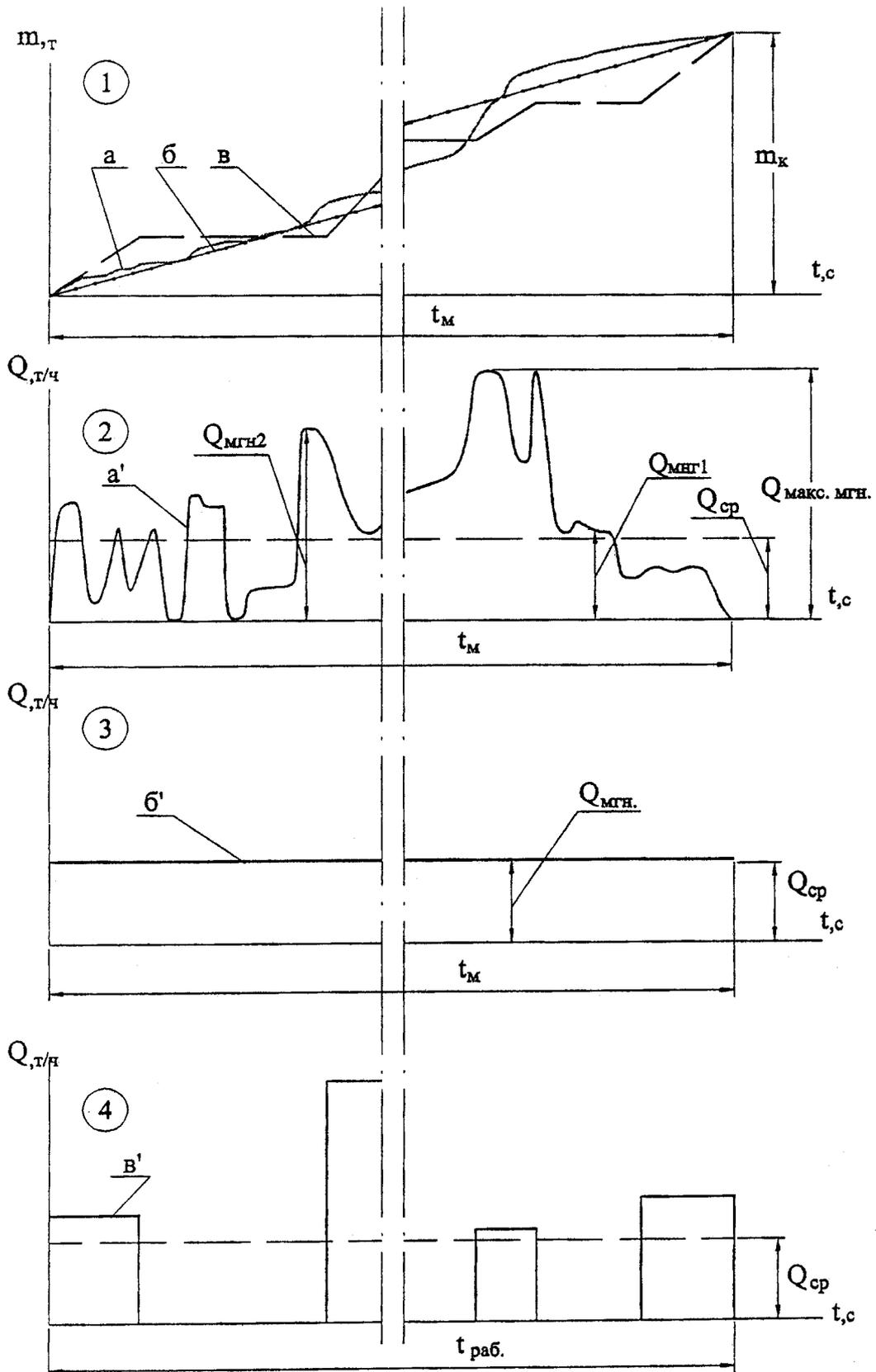


Рис. 4.1. Графики количества ( $m, T$ ) поступающего (транспортируемого) груза 1 и производительности ( $Q, T/h$ ) грузопотоков 2, 3, 4 при непрерывной не равномерной (*а, а'*), непрерывной равномерной (*б, б'*) и циклической (*в, в'*) подаче (транспортировании) его

–средняя  $Q_{cp} = \frac{\Delta m}{\Delta t}$ , т/ч – может определяться для любого отрезка времени  $\Delta t$ ,

за который перемещено  $\Delta m$ , кг груза;

–теоретическая  $Q_T$  – максимальная, определяемая характеристикой (возможностью) машины;

–эксплуатационная  $Q_э$  – средняя производительность за общее время (обычно смена, сутки, год). Она учитывает и все простои, а не только машинное или рабочее время и никак не отражает неравномерность грузопотока в течение этого времени. Эта производительность зависит не только от теоретической (от возможности машины), а и от уровня организации работы вообще, определяющего потери времени и не на транспортирование.

Выбор транспортных машин (средств) производится по соотношению:  $Q_T \geq Q_p$ , где  $Q_p$  – расчетный грузопоток.

#### 4.2. Теоретическая производительность установок (машин) периодического действия.

Груз транспортируется из п. А в п. Б порциями, в сосудах. За каждый цикл (рис. 4.2, а) перемещается состав из  $Z$  сосудов, грузоподъемность каждого –  $m$ , кг. Длина транспортирования  $l$ , м, скорости (технические) с грузом и вхолостую  $v_{gp}$ ,  $v_x$ , м/с. Время цикла

$$T_{ц} = \frac{l}{k_c v_{gp}} + \frac{l}{k_c v_x} + \Theta, \text{ с} \quad (4.1)$$

где  $k_c$  – коэффициент уменьшения расчетной скорости движения (разгоны, торможения, другие замедления скорости за рейс);  $\Theta$  – время суммарной паузы за цикл (приценка – оценка сосудов, погрузка – разгрузка, маневры и т.п.), с.

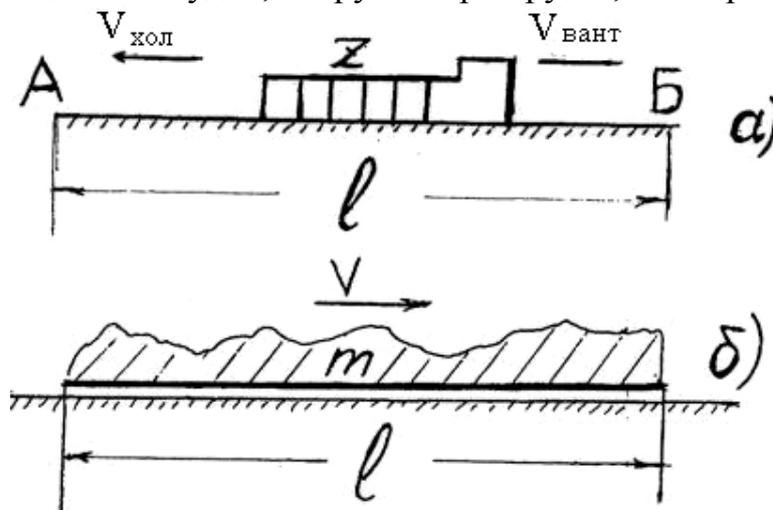


Рис. 4.2. К определению производительности средств периодического а) и непрерывного б) действия

Теоретической производительностью считают среднюю за время цикла:

$$Q_T = \frac{Zm}{T_u}, \text{ кг/с}; Q_T = \frac{3600Zm}{1000T_u}, \text{ т/ч} = \frac{3,6Zm}{T_u}, \text{ т/ч}. \quad (4.2)$$

$Q_T$  зависит от длины  $l$ .

Внимание: в формуле 4.2  $m$  – кг,  $T_u$  – с, а ответ т/ч.

### 4.3. Теоретическая производительность установок непрерывного действия.

На длине  $l$ , м масса груза  $m$ , кг, а скорость его движения  $v$  м/с, (рис. 4.2, б).

Теоретическая производительность

$$Q_T = qv, \text{ кг/с или } Q_T = 3,6qv, \text{ т/ч}, \quad (4.3)$$

где  $q$ , кг – погонная (линейная, на 1 метре) масса груза

$$q = \frac{m}{l}, \text{ кг/м}.$$

Из выражения (4.3) видно, что при заданном  $v$ , м/с теоретическая максимальная производительность определяется предельным (наибольшим) значением  $q$ , кг/м. Оно ( $q$ ) на транспортных установках непрерывного действия ограничивается или вместимостью (емкостью) грузонесущего органа (при некотором значении  $q$  груз переполняет, например, конвейер и начинает с него сыпаться) или силовыми факторами (при некотором  $q$  и большой длине транспортирования превышает допустимая нагрузка по прочности тягового органа – ленты, цепи, или предельная мощность двигателя).

*4.3.1. По вместимости грузонесущего элемента (приемная способность).*

Дано:  $v$ , м/с;  $\rho$  – плотность груза в насыпке т/м<sup>3</sup>,  $\varphi$  – угол откоса материала в движении, размеры грузонесущего органа. Определить теоретическую производительность  $Q_T$ , т/ч по вместимости грузонесущего элемента (ленты, желоба).

На отрезке длиной  $l$ , м конвейера перемещается груз, массой  $m$

$$m = S_{sp} \cdot l \cdot \rho, \text{ т}; \quad (4.4)$$

Линейная масса груза

$$q = \frac{S_{sp} \cdot l \rho}{l}, \text{ т/м} = 1000 S_{sp} \rho, \text{ кг/м} \quad (4.5)$$

где  $S_{sp}$  – площадь поперечного сечения (рис. 4.3) груза на грузонесущем органе (ленте, желобе), м<sup>2</sup>

$$S_{sp} = S_{Tgp} \cdot \psi. \quad (4.6)$$

Здесь  $S_{Tgp}$  – теоретическая площадь сечения струи при транспортировании по горизонтали, ограниченная снизу несущим органом, а сверху линиями откоса в движении, м<sup>2</sup>;

$\psi = \frac{S_{gp}}{S_{Tgp}}$  – коэффициент заполнения теоретической площади сечения (недозаполнение, переполнение).

В ряде случаев  $S_{gp}$  определяют по площади желоба (рис. 4.3, б)

$$S_{gp} = S_{жс} \cdot \psi, \text{ м}^2, \quad (4.7)$$

тогда  $\psi = \frac{S_{gp}}{S_{жс}}$ . После подстановки в (4.3) имеем

$$Q_T = 3600 S_{Tgp} \rho \cdot \psi \cdot m \cdot c, \text{ т/ч} \quad (4.8)$$

или

$$Q_T = 3600 S_{жс} \rho \cdot \psi \cdot m \cdot c, \text{ т/ч.} \quad (4.9)$$

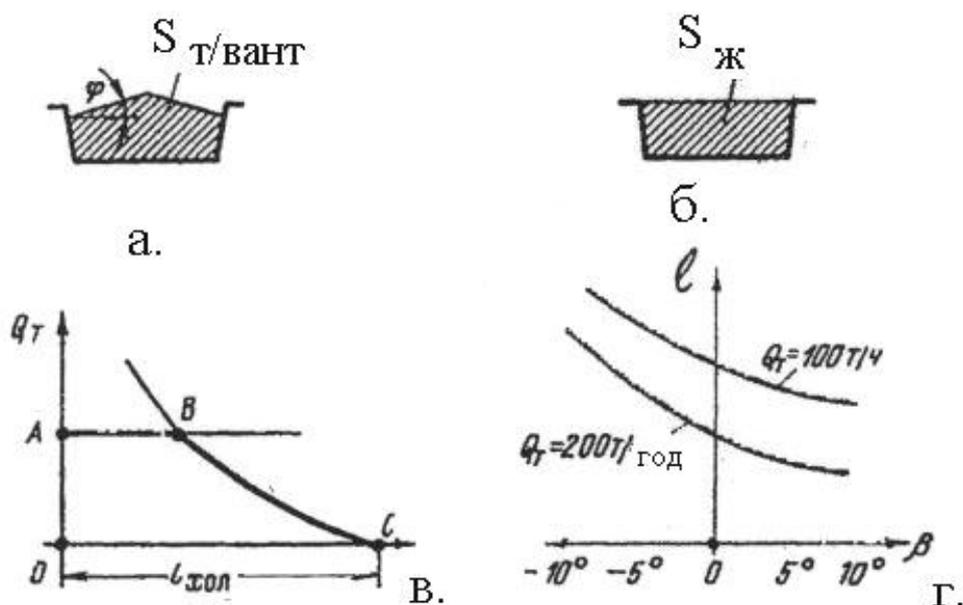


Рис. 4.3. К расчету производительности установок непрерывного действия

#### 4.3.2. По силовым факторам.

Теоретическая производительность  $Q_T$ , посчитанная по емкости грузонесущего органа, является максимальной и, как видно из формул, не зависит от длины транспортирования. Это справедливо до тех пор, пока при некоторой предельной длине не будет использован один или оба силовых фактора (прочность тягового органа или мощность привода). Если требуется увеличить длину больше, чем эта предельная, приходится снижать производительность (погонную нагрузку). В этом случае длина (предельная) уже будет зависеть от погонной нагрузки материала (производительности). При работе с использованием силовых факторов, увеличивая длину и уменьшая (до нуля) погонную нагрузку  $q$ , мы достигаем такого

значения  $l_{\text{макс}}$  (рис. 4.3, г), при котором конвейер сможет работать только вхолостую  $l_{\text{хол}}$ .

При длине  $l < l_{\text{хол}}$ , можно иметь какое-то значение  $q$ , увеличивающееся с уменьшением  $l$  до предельного значения  $q$  (предельной производительности по емкости грузонесущего органа).

Здесь для определения теоретической производительности  $Q_T$  задачу решают методом попыток: задаются каким-либо  $Q_T$ , производят тяговый расчет и проверяют мощность двигателя и запас прочности тягового органа.

Формулы для определения  $Q_T$  по силовым факторам из-за их сложности обычно не употребляют.

На рис. 4.3, г) линия ABC показывает зависимость  $Q_T$  от  $l$  с учетом ограничений как по емкости грузонесущего органа (AB) – здесь  $Q_T$  не зависит от  $l$ , – так и по силовым факторам (BC), где  $Q_T$  зависит от длины. В паспортах машин обычно эти зависимости вычерчиваются в координатах  $l - \beta$  (угол наклона) и называются «графиками применимости» (рис. 4.3, д).

#### **Рекомендуемая литература:**

1. Біліченко М.Я. Основи теорії та розрахунки транспортних засобів механізації переміщення вантажів шахт. Навчальний посібник - Дніпропетровськ: НГУ, 2002. – 102с. (стр. )
2. Транспорт на горных предприятиях / Под ред.. проф, Б.Л. Кузнецова. М.: Недра, 1976, - 552 с. (стр. )
3. Основные положения по проектированию подземного транспорта для новых и действующих угольных шахт. - М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1986, - 355 с.
4. Шахтный транспорт шахт и рудников: Справочник / Под ред. Г.Я. Пейсаховича, И.Л. Ремизова. - М.: Недра, 1985. - 565 с.

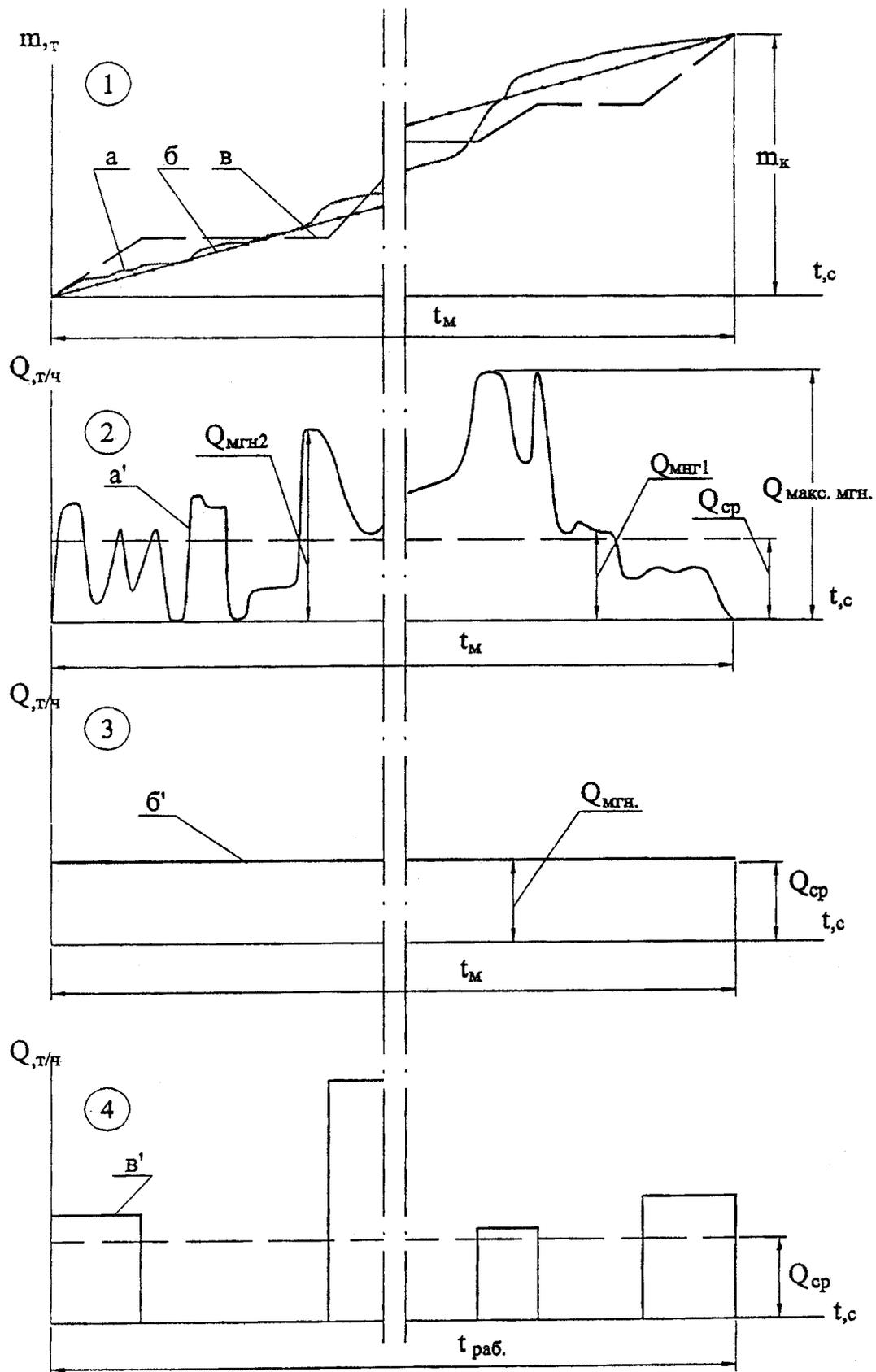


Рис. 4.1. Графики количества ( $m, T$ ) поступающего (транспортируемого) груза 1 и производительности ( $Q, T/h$ ) грузопотоков 2, 3, 4 при непрерывной не равномерной (*a, a'*), непрерывной равномерной (*б, б'*) и циклической (*в, в'*) подаче (транспортировании) его

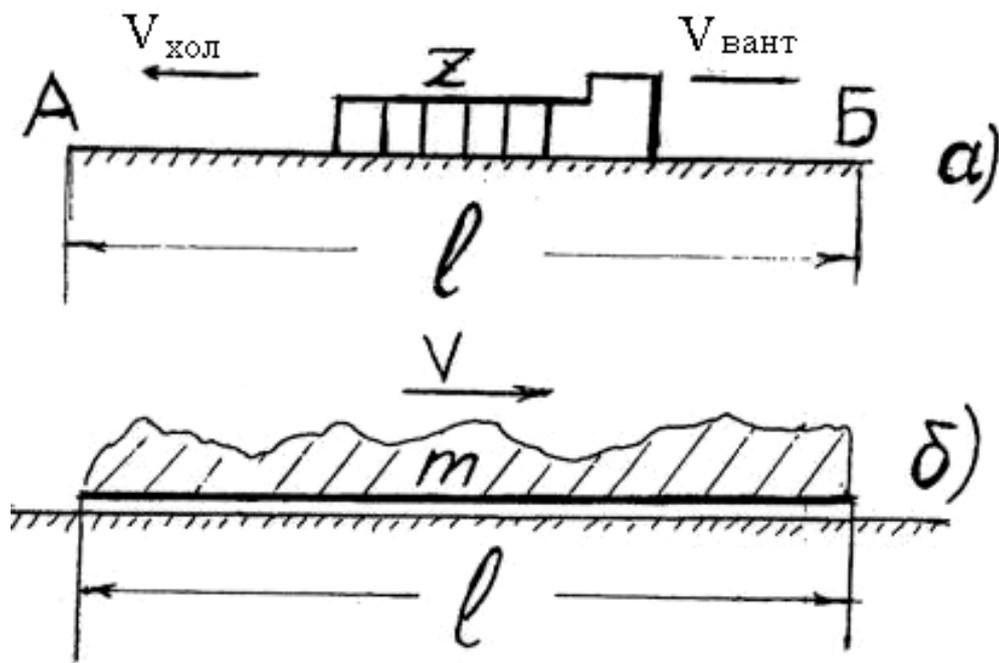


Рис. 4.2. К определению производительности средств периодического а) и непрерывного б) действия

### Теоретическая производительность установок периодического действия

Время цикла

$$T_{ц} = \frac{l}{k_c v_{zp}} + \frac{l}{k_c v_x} + \Theta, \text{ с}$$

где  $k_c$  – коэффициент уменьшения расчетной скорости движения (разгоны, торможения, другие замедления скорости за рейс);  $\Theta$  – время суммарной паузы за цикл (приценка – оценка сосудов, погрузка – разгрузка, маневры и т.п.), с.

Теоретической производительностью считают среднюю за время цикла:

$$Q_T = \frac{Zm}{T_{ц}}, \text{ кг/с}; \quad Q_T = \frac{3600Zm}{1000T_{ц}}, \text{ т/ч} = \frac{3,6Zm}{T_{ц}}, \text{ т/ч.}$$

$Q_T$  зависит от длины  $l$ .

### Теоретическая производительность установок непрерывного действия

На длине  $l$ , м масса груза  $m$ , кг, а скорость его движения  $v$  м/с, (рис. 4.2, б).

Теоретическая производительность

$$Q_T = qv, \text{ кг/с или } Q_T = 3,6qv, \text{ т/ч,}$$

где  $q$ , кг – погонная (линейная, на 1 метре) масса груза

$$q = \frac{m}{l}, \text{ кг/м.}$$

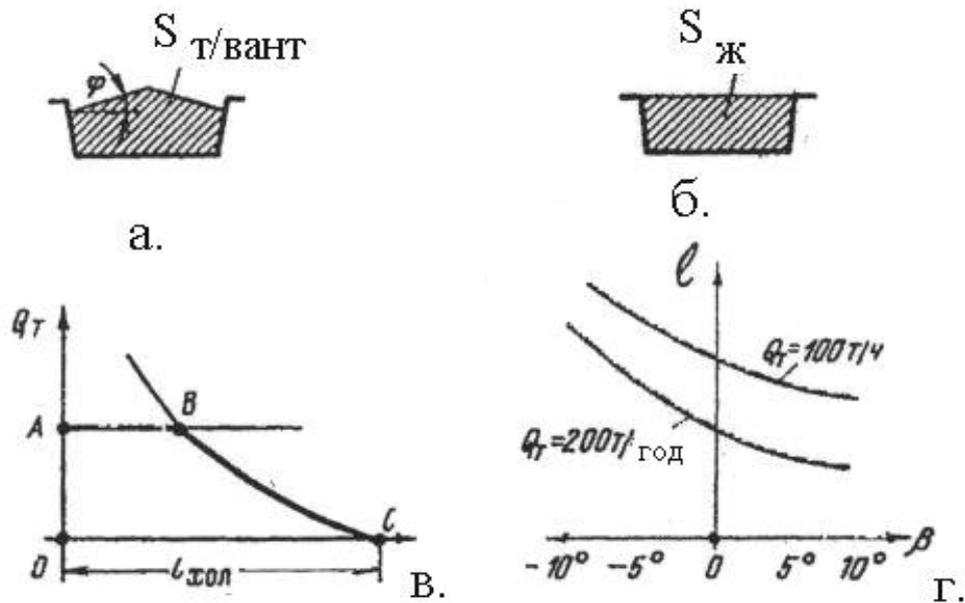


Рис. 4.3. К расчету производительности установок непрерывного действия

**По вместимости грузонесущего элемента (приемная способность)**

На отрезке длиной  $l$ , м конвейера перемещается груз, массой  $m$

$$m = S_{гр} \cdot l \cdot \rho, \text{ т};$$

Линейная масса груза

$$q = \frac{S_{гр} \cdot l \rho}{l}, \text{ т/м} = 1000 S_{гр} \rho, \text{ кг/м}$$

где  $S_{гр}$  – площадь поперечного сечения (рис. 4.3) груза на грузонесущем органе,  $\text{м}^2$

$$S_{гр} = S_{Тгр} \cdot \psi.$$

Здесь  $S_{Тгр}$  – теоретическая площадь сечения струи при транспортировании по горизонтали, ограниченная снизу несущим органом, а сверху линиями откоса в движении,  $\text{м}^2$ ;

$\psi = \frac{S_{гр}}{S_{Тгр}}$  – коэффициент заполнения теоретической площади сечения.

В ряде случаев  $S_{гр}$  определяют по площади желоба (рис. 4.3, б)

$$S_{гр} = S_{жс} \cdot \psi, \text{ м}^2,$$

тогда  $\psi = \frac{S_{гр}}{S_{жс}}$ .

$$Q_T = 3600 S_{Тгр} \rho \cdot \psi \cdot m \cdot c, \text{ т/ч}$$

или

$$Q_T = 3600 S_{жс} \rho \cdot \psi \cdot m \cdot c, \text{ т/ч}.$$