

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Управление грузовой и коммерческой работой»**

**Н. П. БЕРЛИН, С. В. СМЫШЛЕНОВА**

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ**

**Лабораторный практикум**

**Гомель 2005**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Управление грузовой и коммерческой работой»

Н. П. БЕРЛИН, С. В. СМЫШЛЕНОВА

КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ

Лабораторный практикум

*Одобрено методической комиссией факультета УПП*

Гомель 2005

УДК 656.212.6.073

Б492

Р е ц е н з е н т – зав. кафедрой «Изыскания и ПТК», канд. техн. наук, доцент  
**В. А. Подкопаев** (УО «БелГУТ»)

**Берлин Н. П., Смышленова С. В.**

Б492 Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ: Лабораторный практикум. – Гомель: УО «БелГУТ», 2005. – 22 с.

Приведены сведения о порядке выполнения лабораторных работ по курсу «Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ». Даны методические указания по выполнению работ как в лаборатории кафедры «Управление грузовой и коммерческой работой», так и в ее филиалах.

Предназначен для студентов специальностей «Управление на железнодорожном транспорте», «Организация перевозок на железнодорожном транспорте».

УДК 656.212.6.073

© УО «БелГУТ», 2005.

© Н. П. Берлин, С. В. Смышленова, 2005.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Операции по погрузке, перегрузке и складскому хранению грузов являются весьма трудоемкими и содержат резервы повышения производительности труда и снижения транспортных издержек.

Инженер по организации перевозок и управлению на железнодорожном транспорте должен иметь достаточные знания по выбору основных параметров погрузочно-разгрузочных машин (ПРМ), схем комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ. Он должен знать технологию выполнения работ при погрузочно-разгрузочных операциях с основными грузами с учетом их характерных особенностей и свойств, уметь использовать на практике приобретенные навыки.

Цикл лабораторных работ проводится в лаборатории кафедры на макетных образцах и, главным образом, в филиале кафедры, действующем на станции Центролит в Гомельском железнодорожном узле (на действующих ПРМ).

Перед выполнением работ в лаборатории и особенно на производстве студенты проходят инструктаж по технике безопасности, знакомятся с общим порядком выполнения работ. Лабораторные работы в производственных условиях выполняются группой (подгруппой) студентов только под наблюдением преподавателя.

Отчеты по лабораторным работам оформляются в отдельных тетрадях. В течение двух академических часов занятий студент должен выполнить работу, оформить и защитить отчет.

В отчете по каждой работе должно быть: наименование работы и ее порядковый номер; цель работы; краткое описание применяемых ПРМ, установок (при необходимости с приведением схем); данные экспериментальных замеров и их обработки; расчеты, графики и выводы.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ БУНКЕРА

**Цель работы.** Получить практические навыки определения скорости истечения насыпных грузов из отверстий бункеров, размеров отверстий, пропускной способности бункера.

## 1 Общие положения

Бункеры представляют собой одну из разновидностей жестких вместительных для насыпных грузов. Бункеры и бункерные установки в основном служат в качестве промежуточных емкостей и пересыпных воронок, а также для временного хранения насыпных грузов. Бункерные установки состоят из: загрузочных устройств, собственно бункеров, разгрузочных устройств, спускных лотков и труб, весовых устройств, несущих и строительных конструкций. В качестве загрузочных устройств, предназначенных для подачи насыпных грузов в бункеры, применяются машины непрерывного и циклического действия (ленточные конвейеры, ковшовые элеваторы, грейферные краны и т. д.).

Выбор конструкций отдельных элементов бункерных установок и определение их параметров зависят от свойств тех насыпных грузов, для которых предназначена установка.

Характерными свойствами насыпных грузов являются: гранулометрический состав, влажность, объемный и удельный вес, подвижность частиц, слеживаемость, смерзаемость, сопротивление перемещению относительно твердых поверхностей, абразивность, коррозионность и т. д.

Вышеперечисленные свойства влияют на процесс истечения насыпных грузов из бункеров. Процессы истечения подразделяются на два вида: так называемый «нормальный» вид истечения (рисунок 1, а), при котором материал движется в виде столба, расположенного над отверстием истечения, и «гидравлический» вид истечения (рисунок 1, б), при котором груз в сосуде движется вниз подобно жидкости, застойные зоны отсутствуют.

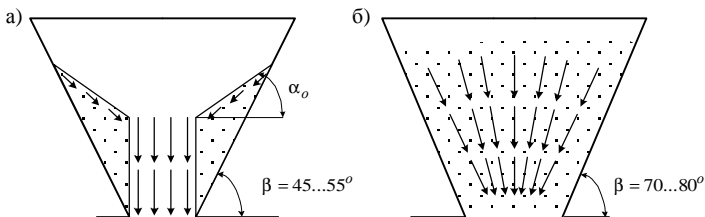


Рисунок 1 – Схема истечения сыпучих грузов из бункеров

При первом виде истечения на свободной поверхности насыпного груза образуется воронка, а при втором – свободная поверхность остается плоской или претерпевает неправильные изменения, носящие случайный характер.

## 2 Последовательность выполнения работы

2.1 Изучить устройство прибора для определения скорости истечения насыпного груза (рисунок 2).

Прибор состоит из бункера 1, имеющего выпускное отверстие 3, задвижку 4. При истечении груз направляется по лотку 5 в ёмкость 6.

2.2 Насыпать в бункер 1 груз на высоту  $H$  и разровнять поверхность. Открыть затвор и одновременно включить секундомер. Произвести отсчет времени истечения и определить массу высыпавшегося груза в ёмкость 6.

Замеры произвести при высоте  $H$ , равной 5, 10, 15, 20, 25 см. Результаты замеров и расчеты представить в таблице 1.

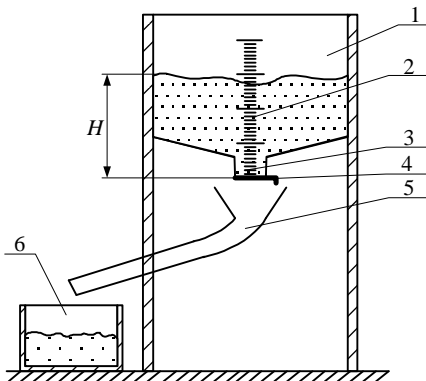


Рисунок 2 – Схема прибора для определения скорости истечения насыпного груза из бункера

Таблица 1 – Результаты измерений

| Номер замера | Наименование груза | Высота $H$ , см | Время истечения $t$ , с | Масса груза $G$ , кг | Скорость истечения $v$ , м/с |
|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|
| 1            |                    |                 |                         |                      |                              |
| 2            |                    |                 |                         |                      |                              |
| 3            |                    |                 |                         |                      |                              |
| 4            |                    |                 |                         |                      |                              |
| 5            |                    |                 |                         |                      |                              |

Фактическая скорость истечения груза определяется из выражения

$$v_{\phi} = G / (\gamma Ft),$$

где  $G$  – масса высыпавшегося груза, кг;

$\gamma$  – объёмная масса груза, кг/м<sup>3</sup>;

$F$  – площадь отверстия истечения, м<sup>2</sup>;

$t$  – время истечения, с.

2.3 Определить теоретическую скорость истечения.

Средняя скорость движения насыпного груза из выпускного отверстия бункера при нормальном истечении зависит от размеров, формы выпускного отверстия, гидравлического радиуса  $R$  и определяется по уравнению, м/с:

$$v_T = \lambda_{и} \sqrt{2g \left( 1,6R - \frac{\tau_0}{g \gamma f} \right)},$$

где  $\lambda_{и}$  – коэффициент истечения,  $\lambda_{и} = 0,20 \dots 0,65$  (большие значения – для сухих, сортированных, зернистых, хорошо сыпучих материалов, меньшие – для влажных, рядовых, кусковых, плохо сыпучих, связных),

$$\lambda_{и} = \left( \sqrt{2f + 2f\sqrt{1+f^2}} \right)^{-1};$$

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$\tau_o$  – начальное сопротивление сдвигу (для зерна  $\tau_o = 0$ ), Па [1, с. 243];

$\gamma$  – натурная масса зерна,  $\text{кг/м}^3$  [1, с. 13];

$f$  – коэффициент внутреннего трения груза ( для зерна  $f = 0,6$ ) [1, с. 13].

Гидравлический радиус отверстия истечения

$$R = F_{и} / L_{от},$$

где  $F_{и}$  – эффективная площадь отверстия истечения,  $\text{м}^2$  ( $F_{и} = \pi r^2$ );

$L_{от}$  – периметр отверстия истечения, м ( $L_{от} = 2\pi r$ ).

2.4 Определить минимально допустимый размер выпускного отверстия бункера.

Выпускные отверстия в зависимости от конструкции бункера и типа применяемых затворов и питателей выполняют круглыми, квадратными или прямоугольными.

Минимально допустимые размеры отверстия определяются в зависимости от рода груза:

а) легко сыпучие, отверстие круглое или квадратное –  $A_{и} = K'(a' + 80)\text{tg } \varphi$ ;

б) легко сыпучие, отверстие прямоугольное –  $A_{и} = \frac{1+n_a}{2n_a} K'(a' + 80)\text{tg } \varphi$ ;

в) плохо сыпучие, отверстие круглое или квадратное –

$$A_{и} \geq \frac{4(1 + \sin \varphi) K_o'' \tau_o}{\gamma g} + a';$$

г) плохо сыпучие, отверстие прямоугольное –

$$A_{и} \geq \frac{2(1 + \sin \varphi)(B_{и} - a') K_o'' \tau_o}{(B_{и} - a') \gamma g - 2(1 + \sin \varphi) K_o'' \tau_o} + a';$$

д) плохо сыпучие, отверстие щелевое –  $A_{и} \geq \frac{2(1 + \sin \varphi) K_o'' \tau_o}{\gamma g} + a'$ ,

где  $A_{и}$  – размер стороны квадратного или диаметр круглого отверстия, мм;

$K'$  – опытный коэффициент (для сортированных грузов  $K' = 2,6$ ; для рядовых  $K' = 2,4$ );

$a'$  – наибольший размер типичных кусков груза (до 30 мм), мм;

$\varphi$  – угол внутреннего трения (для легкосыпучих материалов угол трения приблизительно равен углу естественного откоса. Если  $\varphi > 50^\circ$ , принимается в расчетах  $\varphi = 50^\circ$ );

$n_a = B_{и} / A_{и}$  – отношение сторон отверстия (большой к меньшей);

$K_o''$  – коэффициент запаса,  $K_o'' = 1,5 \dots 2,0$ ;

$B_{и}$  – длина отверстия, мм.

Для кусковых грузов выполняется проверка по формуле

$$A_{и} \geq (3 \dots 6) a'.$$

Меньшие значения принимаются для рядовых грузов, большие – для сортированных.

2.5 Определить пропускную способность бункера.

Пропускная способность бункера, т/ч, зависит от скорости истечения и определяется по формуле

$$Q_M = 3600 v_T \gamma w',$$

где  $w'$  – площадь отверстия истечения, определяемая с учетом кусковатости груза, м<sup>2</sup>:

– для круглого отверстия  $w' = \pi(D - a')^2 / 4$ ;

– прямоугольного –  $w' = (A - a')(B - a')$ ,

где  $D$  – диаметр выпускного отверстия, м;

$A, B$  – размеры прямоугольного отверстия, м.

### Содержание отчета

- 1 Схема установки для определения скорости истечения насыпного груза.
- 2 Результаты замеров и расчетов по определению скорости истечения насыпного груза.
- 3 Значения теоретической скорости истечения груза и графики зависимости  $v_{\phi}$  от  $H$ .
- 4 Значение минимально допустимого радиуса выпускного отверстия.
- 5 Пропускная способность бункера.
- 6 Выводы по работе.

### Лабораторная работа №2

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

**Цель работы.** На грузовом дворе станции Центролит изучить назначение, устройство, технические характеристики различных погрузчиков циклического действия и способы производства работ с их использованием.



## 1 Общие положения

Погрузчики периодического (циклического) действия предназначены для погрузки в транспортные средства и складского перемещения штучных грузов. В зависимости от свойств перегружаемого груза погрузчики могут быть оборудованы вилами, грейфером, крановой стрелой, различного рода захватами, зажимами и т. д.

Для работы внутри вагонов и складов закрытого типа необходимы малогабаритные погрузчики, обладающие высокой маневренностью. Погрузчики характеризуются следующими параметрами: размерами (шириной  $B$ ,  $B'$ , длиной  $l$ ), радиусом поворота ( $R$ ), высотой подъема груза ( $n$ ), максимальной высотой поднятия каретки ( $h_1$ ), высотой погрузчика с максимально поднятой кареткой ( $h_2$ ), грузоподъемностью, рабочими скоростями, производительностью, устойчивостью и массой. Габаритные размеры (рисунок 1) и радиус поворота определяют маневренность погрузчика, возможность прохода его в двери складов, вагонов, а также ширину проездов на складах между штабелями грузов.

Рабочими скоростями погрузчика, определяющими в основном его производительность, являются: скорость передвижения с грузом и без, скорость подъема и опускания груза, скорость наклона рамы грузоподъемника и т. д.

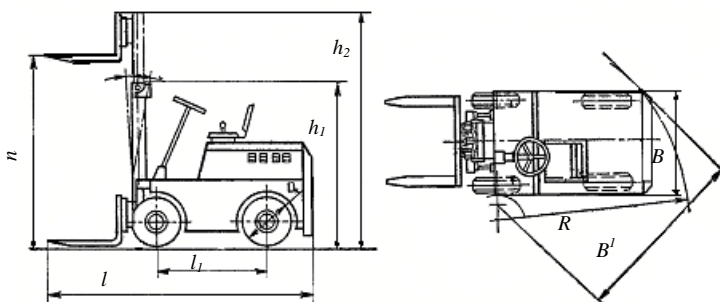


Рисунок 1 – Схема электропогрузчика с основными исполнительными размерами

Конструкцию четырехколесного погрузчика изучим на примере модели ЭП-103 (рисунок 2). На раме 19 погрузчика жестко закреплен ведущий мост 10, оба ходовых колеса которого получают вращение от электродвигателя 13 посредством механического дифференциала. Задний мост 17 подрессорен к раме 19 и оборудован двумя колесами, управляемыми водителем погрузчика с помощью рулевого колеса 2, червячного редуктора 6, рулевой тяги 18 и рулевой трапеции, тяги которой кинематически связывают оба колеса. Рама 1 грузоподъем-

ника консольно смонтирована над ведущим мостом с помощью двух шарниров 9 и снабжена двумя цилиндрами 8 наклона ее вперед или назад. Вертикально подвижная каретка 11 грузоподъемника оснащена закрепляемыми на ней грузозахватными приспособлениями, например, вилами 12. На погрузчике смонтирована гидростанция, содержащая электродвигатель 15, гидронасос 14, гидрораспределительную аппаратуру 4, управление которой осуществляется водителем посредством рукоятки 3.

В приборном отсеке 7 также установлена аппаратура электроуправления. На раме над задним мостом смонтирована аккумуляторная батарея 21, пусковое сопротивление 16. Сиденье водителя 22 закреплено на верхней крышке батареи. Погрузчик оборудован ножным тормозом с приводом от педали 5 и ручным тормозом 20. Погрузчик ЭП-103 выпускается трех модификаций, отличающихся параметрами грузоподъемника, рассчитанного на максимальную высоту подъема груза соответственно 1,8; 2,8 и 4,5 м. Для работы в вагонах предназначен погрузчик с высотой подъема груза 1,8 м.

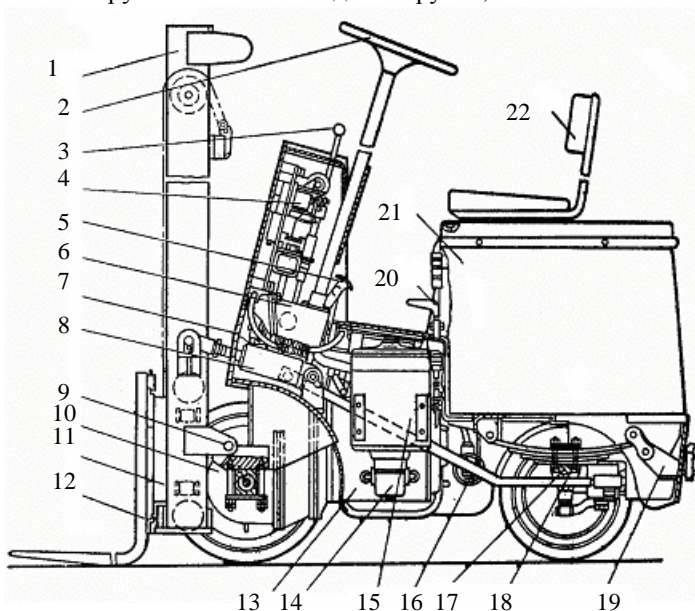


Рисунок 2 – Общий вид электропогрузчика модели ЭП-103

## 2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с устройством и назначением различных типов погрузчиков циклического действия. Изучить технические параметры и основные характеристики электропогрузчика на примере модели ЭП-103.

Изучить основные типы сменных грузозахватных приспособлений к погрузчикам.

2.2 Изучить основы технологического процесса при переработке тарно-упаковочных грузов с помощью погрузчиков. Для одного из возможных вариантов (погрузка, выгрузка из вагонов, автомобилей, сортировка) произвести хронометражные наблюдения за элементами рабочего цикла погрузчика и составить график такого цикла без совмещения операций. Примерный вид таблицы наблюдения и графика цикла приведен на рисунке 3.

2.3 По определенным значениям продолжительности циклов (с совмещением  $T_{ц}$  и без совмещения операций  $t_{ц}$ ) определить коэффициент совмещения операций в рабочем цикле из соотношения  $\phi = T_{ц} / t_{ц}$ .

2.4 Рассчитать техническую производительность погрузчика:

$$Q_{\text{тех}} = 3600 G_{\text{гр}} / T_{ц},$$

где  $G_{\text{гр}}$  – масса груза, перемещаемого за один цикл, т.

| Наименование операций<br>(элементов цикла) | Продолжительность<br>операции, с |     |    |         | Время, с |    |    |    |    |    |    |    |  |
|--|----------------------------------|-----|----|---------|----------|----|----|----|----|----|----|----|--|
|  | Наблюдения                       |     |    |         | 10       | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |  |
|  | 1                                | ... | 10 | среднее |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 1 Захват груза                             |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 2 Подъем груза в транспортное положение    |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 3 Наклон рамы                              |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 4 Передвижение погрузчика с грузом         |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 5 Выравнивание рамы                        |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 6 Опускание груза                          |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 7 Освобождение груза                       |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 8 Подъем грузозахвата без груза            |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 9 Наклон рамы                              |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 10 Передвижение погрузчика                 |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 11 Выравнивание рамы                       |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 12 Опускание грузозахвата                  |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| ИТОГО $T_{ц}, t_{ц}$                       |                                  |     |    |         |          |    |    |    |    |    |    |    |  |

Рисунок 3 – Таблица для построения графика цикла работы погрузчика

2.4 Определить сменную выработку погрузчика:

$$Q_{\text{см}} = 7Q_{\text{тех}} K_{\text{вр}},$$

где  $7$  – продолжительность рабочей смены, ч;

$K_{\text{вр}}$  – коэффициент использования машины по времени, для погрузчиков можно принять  $K_{\text{вр}} = 0,75$ .

Далее следует сопоставить рассчитанное значение  $Q_{\text{см}}$  с нормой выработки из ЕНВ [2] и в случае значительного расхождения объяснить причину этого расхождения.

### Содержание отчета

- 1 Схема погрузчика с указанием основных узлов и технических параметров.
- 2 График рабочего цикла погрузчика.
- 3 Расчет производительностей погрузчика, выводы из расчетов.

## Лабораторная работа №3

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КОЗЛОВЫХ КРАНОВ И ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ

**Цель работы.** На грузовом дворе станции Центролит изучить назначение, устройство и технические характеристики козловых кранов.

#### 1 Общие положения

Одним из наиболее распространенных средств механизации погрузочно-разгрузочных работ на промышленных предприятиях, строительных площадках, в речных и морских портах, на автомобильном и железнодорожном транспорте являются грузоподъемные краны. Краны – универсальные грузоподъемные машины циклического действия, состоящие из остова и смонтированных на нем механизмов, при помощи которых перемещают грузы в вертикальном и горизонтальном направлениях на небольшие расстояния.

Наиболее широкое применение при перегрузке контейнеров, тяжеловесов, металла, лесных и строительных материалов, навалочных грузов и различных других получили козловые краны (рисунок 1).

В козловых кранах реализуются три самостоятельные операции: подъем–опускание груза на требуемую высоту, перемещение груза по мосту крана поперек обслуживаемой площадки и перемещение груза краном вдоль обслуживаемой площадки. Выполнение этих операций позволяет перемещать грузы в любые точки склада прямоугольной формы.

К основным параметрам козловых кранов относятся: грузоподъемность; пролет; полные вылеты консолей; рабочие вылеты консолей; высота подъе-

ма захватного органа над уровнем головок подкрановых рельсов; скорости рабочих движений; расстояние от грузовой подвески до передней грани опорной стойки. К основным недостаткам кранов следует отнести малую высоту подъема груза (в сравнении со стреловыми кранами), ограниченную площадь рабочей зоны.

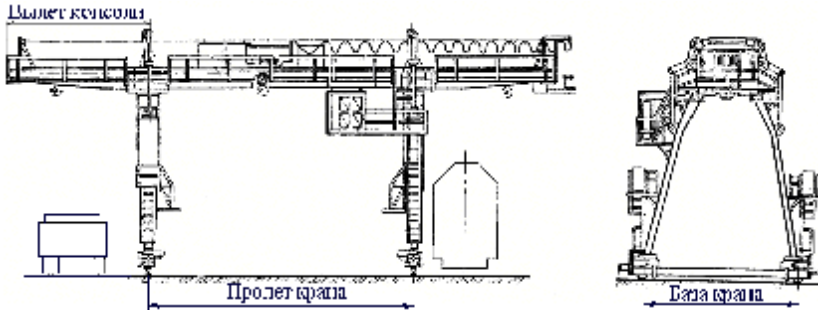


Рисунок 1 – Общий вид козлового крана КК-6

## 2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с устройством и назначением различных типов козловых кранов, работающих в филиале кафедры (ст. Центролит).

2.2 Изучить основы технологического процесса при погрузке, выгрузке, сортировке контейнеров с использованием козловых кранов. Для одного из возможных вариантов грузопереработки выполнить хронометражные наблюдения за элементами рабочего цикла на контейнерной площадке ст. Центролит и привести график рабочего цикла. Примерный вид таблицы наблюдений и графика цикла приведен на рисунке 2.

| Наименование операций<br>(элементов цикла) | Продолжительность операции, с |     |            | Время, с |    |    |    |    |    |    |    |  |
|--|-------------------------------|-----|------------|----------|----|----|----|----|----|----|----|--|
|  | Наблюдения                    |     |            | 10       | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |  |
|  | 1                             | ... | 10 среднее |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 1 Захват (застропка) груза                 |                               |     |            |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 2 Подъем груза                             |                               |     |            |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 3 Передвижение тележки по мосту крана      |                               |     |            |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 4 Передвижение крана с грузом              |                               |     |            |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 5 Опускание груза                          |                               |     |            |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 6 Освобождение (отстропка) груза           |                               |     |            |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 7 Подъем грузозахвата без груза            |                               |     |            |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 8 Передвижение тележки по мосту крана      |                               |     |            |          |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 9 Передвижение крана без груза             |                               |     |            |          |    |    |    |    |    |    |    |  |

|                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 10 Опускание груза захвата |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ИТОГО $T_{ц}$ , $t_{ц}$    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рисунок 2 – Таблица для построения графика цикла работы крана

2.3 По определенным значениям продолжительности циклов (с совмещением  $T_{ц}$  и без совмещения операций  $t_{ц}$ ) необходимо определить коэффициент совмещения операций в рабочем цикле из соотношения  $\phi = T_{ц} / t_{ц}$ .

2.4 Найти время цикла  $T_{ц}$  аналитическим способом:

$$T_{ц} = t_3 + t_0 + (2,5h / v_{п} + 2l_{кр} / v_{кр} + 2l_{т} / v_{т}) \phi ,$$

где  $t_3$  и  $t_0$  – время захвата и освобождения груза, с;

$h$  – высота подъема груза, м;

$v_{п}$ ,  $v_{кр}$ ,  $v_{т}$  – скорости соответственно подъема груза, передвижения крана и тележки по мосту, м/с (таблица 1);

$l_{кр}$ ,  $l_{т}$  – среднее расстояние перемещения крана и тележки по мосту, м.

Найденные значения  $T_{ц}$  сопоставляются между собой. В случае значительного расхождения величин необходимо объяснить причину.

2.5 Рассчитать техническую производительность козлового крана  $Q_{тех}$ , т/ч:

$$Q_{тех} = 3600G_{гр} / T_{ц} ,$$

где  $G_{гр}$  – масса груза, перемещаемого за один цикл, т.

Найти максимально возможное значение технической производительности при полном использовании грузоподъемности крана  $G_{гр} = G_{н}$  :

$$Q_{тех}^{max} = 3600G_{н} / T_{ц} .$$

Таблица 1 – Значения скоростей для козловых кранов [3]

| Номер варианта | Тип крана | Скорости перемещения, м/с |          |         |
|----------------|-----------|---------------------------|----------|---------|
|                |           | $v_{п}$                   | $v_{кр}$ | $v_{т}$ |
| 1              | ККС-10    | 0,25                      | 0,6      | 0,66    |
| 2              | ККУ-12,5  | 0,133                     | 0,835    | 0,64    |
| 3              | ККК-16    | 0,15                      | 0,95     | 0,733   |
| 4              | ККТС-20   | 0,11                      | 0,69     | 0,51    |
| 5              | ККТС-20   | 0,133                     | 0,585    | 0,615   |
| 6              | К20/5-32  | 0,153                     | 0,83     | 0,665   |
| 7              | К8М       | 0,147                     | 1,33     | 0,56    |
| 8              | СКТБ      | 0,25                      | 0,5      | 0,615   |
| 9              | К-5Б      | 0,25                      | 0,5      | 0,615   |
| 10             | КДКК-10   | 0,168                     | 1,5      | 0,635   |
| 11             | ККЛ-8     | 0,333                     | 1,4      | 1,22    |
| 12             | К8А       | 0,25                      | 1,05     | 0,565   |
| 13             | ККТ-3     | 0,133                     | 0,33     | 0,33    |
| 14             | К-4М      | 0,133                     | 0,835    | 0,5     |
| 15             | КК-6      | 0,133                     | 1,63     | 0,8     |

|    |        |       |       |     |
|----|--------|-------|-------|-----|
| 16 | 12Д-05 | 0,133 | 0,838 | 0,5 |
|----|--------|-------|-------|-----|

Рассчитать коэффициент использования крана по грузоподъемности:

$$K_{зр} = G_{гр} / G_{н} .$$

2.6 Определить сменную выработку козлового крана:

$$Q_{см} = 7Q_{тех} K_{вр} ,$$

где 7 – продолжительность рабочей смены, ч;

$K_{вр}$  – коэффициент использования машины по времени, для крана можно принять  $K_{вр} = 0,75 \dots 0,85$ .

Далее следует сопоставить рассчитанное значение  $Q_{см}$  с нормой выработки из ЕНВ [2] и в случае значительного расхождения объяснить причину этого расхождения.

### Содержание отчета

- 1 Схема крана с указанием основных узлов и технических параметров.
- 2 Схема расположения контейнеров на площадке.
- 3 График рабочего цикла крана.
- 4 Расчет производительностей крана, выводы из расчетов.

*Примечание* – Схемы по пп.1 и 2 могут быть совмещены.

## Лабораторная работа №4

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КРАНОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ

**Цель работы.** Изучить технологию работы крана, порядок расчетов по обеспечению устойчивости передвижных кранов от опрокидывания.

#### 1 Общие положения

Особенностью конструкции стреловых самоходных кранов является наличие поворотной части со стрелой. Стрела позволяет поднимать груз, находящийся на значительном расстоянии от опоры крана. Поэтому особые требования предъявляются к обеспечению в процессе работы устойчивости крана, так как подъем груза на недопустимом вылете стрелы или неправильное распределение масс механизмов крана может привести к его опрокидыванию. При резком торможении и изменении скорости подъема груза и стрелы возникают силы инерции, при вращении поворотной части – центробежная сила; на кран действует сила ветра, также его устойчивость уменьшает уклон пути.

Различают грузовую и собственную устойчивость кранов. Грузовая устойчивость определяется как способность крана не опрокидываться при работе с грузом на крюке. Собственная устойчивость – это способность крана не опрокидываться в противоположную от стрелы сторону при самых неблагоприятных условиях. Степень грузовой и собственной устойчивости характеризуется коэффициентами устойчивости.

Наименьшая устойчивость стреловых кранов наблюдается в том случае, когда поворотная часть расположена поперек ходовой рамы, так как при этом опрокидывающий момент относительно ребра опрокидывания наибольший.

Опрокидывающим моментом называется произведение силы тяжести массы груза  $Q$ , способствующей опрокидыванию крана, на расстояние от центра тяжести груза до ребра опрокидывания (рисунок 1), кгс·м:  $M_{оп} = Qa$ .

Восстанавливающим моментом называется произведение силы тяжести массы крана  $P$  на расстояние от вертикальной линии, проходящей через центр тяжести крана, до ребра опрокидывания, кгс·м:  $M_B = Pb$ .

Отношение величины восстанавливающего момента к величине опрокидывающего называется коэффициентом устойчивости  $K = M_B / M_{оп}$ .

Коэффициентом грузовой устойчивости называется отношение момента относительно ребра опрокидывания, создаваемого силой тяжести всех частей крана с учетом дополнительных нагрузок, к моменту, создаваемому рабочим грузом относительно того же ребра опрокидывания. С учетом всех сил, действующих на кран, коэффициент грузовой устойчивости должен быть не менее 1,15.

Коэффициентом собственной устойчивости называется отношение момента, создаваемого силой тяжести всех частей крана с учетом уклона пути в сторону опрокидывания при минимальном вылете стрелы и при снятом грузе, относительно ребра опрокидывания к моменту, создаваемому ветровой нагрузкой относительно того же ребра опрокидывания. Коэффициент собственной устойчивости должен быть не менее 1,4.

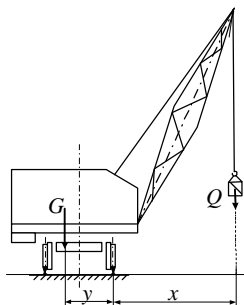


Рисунок 1 – Схема нагрузок на кран на горизонтальном пути

## 2 Последовательность выполнения работы



2.1 Установить возможность безопасной эксплуатации по условию устойчивости стрелового поворотного крана (рисунок 2). Выбор стрелового крана осуществляется по таблице 1 [3].

$$K_{гр} = M_c / M_{гр} \geq 1,15.$$

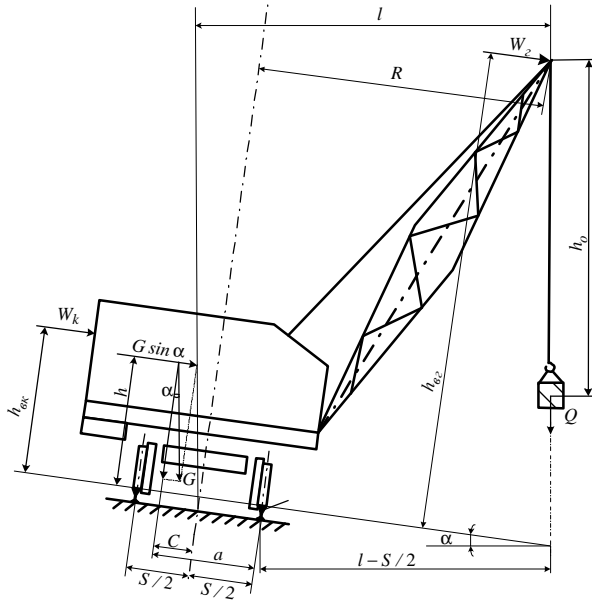


Рисунок 2 – Схема для определения коэффициента грузовой устойчивости стрелового поворотного крана

Таблица 1 – Параметры стреловых железнодорожных кранов [3]

| Номер варианта | Тип крана | Масса крана, т | Грузоподъемность при максимальном вылете, т | Частота вращения, об/мин | Максимальная высота подъема стрелы, м | Максимальный вылет стрелы, м |
|----------------|-----------|----------------|---|--------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 1              | ДЭК-20    | 61,7           | 3,2   | 1,84                     | 18,5                                  | 14,0                         |
| 2              | КДВ-15П   | 50,0           | 3,5   | 2,9                      | 13,5                                  | 13,5                         |
| 3              | КМ-16     | 54,5           | 3,1   | 2,9                      | 13,5                                  | 13,4                         |
| 4              | КДЭ-151   | 54,5           | 4,0   | 2,6                      | 14,2                                  | 14,0                         |
| 5              | КДЭ-161   | 53,1           | 4,9   | 2,0                      | 14,2                                  | 14,0                         |
| 6              | КДЭ-251   | 66,0           | 6,0   | 1,0                      | 13,5                                  | 14,0                         |
| 7              | КДЭ-162   | 52,6           | 4,8   | 2,0                      | 14,0                                  | 14,0                         |
| 8              | КДЭ-252   | 64,7           | 6,0   | 1,5                      | 13,9                                  | 14,0                         |
| 9              | КДЭ-163   | 53,1           | 4,8   | 2,0                      | 13,9                                  | 14,0                         |
| 10             | КДЭ-253   | 66,4           | 5,8   | 1,5                      | 13,9                                  | 14,0                         |
| 11             | КЖДЭ-4    | 61,7           | 5,0   | 1,5                      | 13,9                                  | 14,0                         |
| 12             | ЕДК-50    | 97,0           | 17,8  | 0,5                      | 10,0                                  | 12,0                         |

|    |         |       |      |     |      |      |
|----|---------|-------|------|-----|------|------|
| 13 | ЕДК-25  | 110,0 | 10,0 | 1,0 | 9,0  | 12,0 |
| 14 | МК-6    | 34,0  | 2,5  | 2,6 | 9,0  | 10,0 |
| 15 | КЖДЭ-25 | 67    | 8,0  | 2,3 | 12,0 | 14,0 |
| 16 | КЖДЭ-32 | 90    | 10,0 | 1,5 | 12,0 | 14,0 |

2.1.1 Рассчитать момент, создаваемый весом номинального груза относительно ребра опрокидывания, кН·м,

$$M_{\text{Гр}}(Q) = Qg(R - S/2),$$

где  $Q$  – масса поднимаемого груза (принять равной 1/2 грузоподъемности крана при максимальном вылете стрелы), т;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$R$  – радиус вращения оси подвески груза без учета отклонения ее от вертикали под действием центробежной силы инерции,  $R = 14$  м;

$S$  – ширина колеи крана,  $S = 1,52$  м.

2.1.2 Рассчитать момент, создаваемый силой тяжести крана с учетом ветровой нагрузки и сил инерции, возникающих в процессе пуска и торможения механизмов крана,

$$M_c = G(a \cos \alpha - h \sin \alpha) - W_k h_{\text{вк}} + W_{\Gamma} h_{\text{вг}} - j_{\text{ГП}} hG / g - Q[j_{\text{ГП}} h_{\text{вг}} + j_{\text{ГТ}} (l - S/2)] - Q(\pi^2 n^2 h_{\text{вг}} / 900)R - G \frac{\pi^2 n^2 h}{900g} (a - S/2),$$

где  $G$  – сила тяжести крана,  $G = Q_k g$ , кН;

$a$  – плечо действия силы тяжести относительно ребра опрокидывания,  $a = 1$  м;

$\alpha$  – угол наклона опорного контура в сторону возможного опрокидывания,  $\alpha = 1,5^\circ$ ;

$h$  – высота расположения центра тяжести крана над опорным контуром,  $h = 1,3$  м;

$W_k h_{\text{вк}} + W_{\Gamma} h_{\text{вг}}$  – момент от действия давления ветра. Рассчитывается по удельному давлению  $p = 0,4$  кН/м<sup>2</sup>. Принимаем  $W_k h_{\text{вк}} + W_{\Gamma} h_{\text{вг}} = 2,3$  кН·м;

$h_{\text{вг}}$  – максимальная высота подъема груза, м;

$j_{\text{ГП}}, j_{\text{ГТ}}$  – ускорения при торможении передвижения крана и опускания груза,

$$j_{\text{ГП}} = 0,15 \text{ м/с}^2, \quad j_{\text{ГТ}} = 0,2 \text{ м/с}^2;$$

$l$  – вылет стрелы крана, м;

$n$  – частота вращения поворотной части крана, об/мин.

2.1.3 Рассчитать коэффициент грузовой устойчивости стрелового поворотного крана:

$$K_{\text{Гр}} = M_c / M_{\text{Гр}} \geq 1,15.$$

При выполнении данного условия эксплуатация крана безопасна.

### Содержание отчета

1 Схема определения коэффициента устойчивости стрелового поворотного крана.

2 Расчет коэффициента грузовой устойчивости стрелового поворотного крана и выводы из расчетов.

### Лабораторная работа №5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ВЫГРУЗКИ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ НА ПОВЫШЕННОМ ПУТИ

**Цель работы.** На грузовом дворе ст. Центролит изучить устройство повышенного пути и технологию работы по выгрузке грузов из полувагонов.

### 1 Общие положения

Наиболее производительными при выгрузке из полувагонов навалочных грузов являются повышенные пути (рисунок 1).

При поступлении на станцию под выгрузку 20 и более вагонов в сутки целесообразно использование комплексной унифицированной установки с использованием козловых кранов (рисунок 2).

### 2 Последовательность выполнения работы

2.1 Ознакомиться с устройством повышенного пути и въезда на него. Путем расчета установить количество вагонов, одновременно разгружаемых на повышенном пути без уборки груза из первичных отвалов.

2.2 Известно, что высота повышенного пути  $H_{\Pi}$ , м, определяется из выражения

$$H_{\Pi} = \sqrt{\frac{KG}{\rho \phi l_{\text{в}} \operatorname{ctg} \alpha}} - 0,5,$$

где  $K$  – число полувагонов, разгружаемых на одном месте до уборки грузов из первичных отвалов;

$G$  – масса груза в одном полувагоне, т;

$\rho$  – плотность груза, т/м<sup>3</sup>;

$\phi = 0,8 \dots 0,9$  – коэффициент заполнения отвалов;

$l_{\text{в}}$  – длина вагона, м;

$\alpha$  – угол естественного откоса, град.

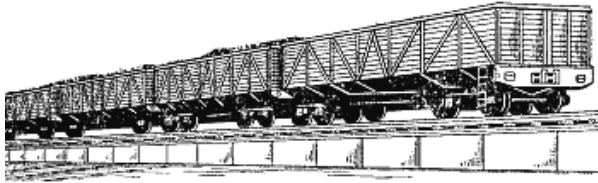


Рисунок 1 – Блочный повышенный путь

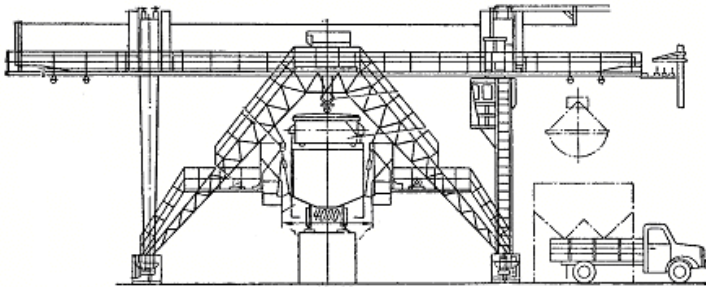


Рисунок 2 – Комплексная установка с использованием козлового крана

Приняв  $H_n = 2,5$  м;  $\varphi = 0,9$ ;  $l_b = 14$  м, получим расчетное выражение для определения  $K$ :

$$K = 113,4 \rho \operatorname{ctg} \alpha / G .$$

Значения  $\rho$  и  $\alpha$  для некоторых сыпучих грузов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения  $\rho$  и  $\alpha$

| Наименование груза | $\rho$ , т/м <sup>3</sup> | $\alpha$ , град |
|--------------------|---------------------------|-----------------|
| Гравий, щебень     | 2,0                       | 45              |
| Песок              | 1,5                       | 35              |
| Уголь каменный     | 0,8                       | 45              |
| Торф фрезерный     | 0,6                       | 50              |
| Шлак доменный      | 1,0                       | 50              |

### Содержание отчета

- 1 Схема повышенного пути (план и разрез), применяемого на ст. Центролит; применяемые погрузочно-разгрузочные машины и грузозахватные устройства.
- 2 Технологии выгрузки грузов на повышенных путях.
- 3 Технология производства погрузочно-разгрузочных работ с использованием комплексных установок. Преимущества и недостатки использования.

## ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ СКЛАДА ЭЛЕВАТОРНОГО ТИПА

**Цель работы.** В филиале кафедры (ОАО “Гомельхлебпродукт”) изучить устройство элеваторов и технологию работы по погрузке, выгрузке и хранению зерновых грузов.

### 1 Общие положения

Основным типом зерновых складов являются элеваторные склады, оборудованные ковшовыми элеваторами (нориями) и ленточными конвейерами (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Схема ленточного конвейера

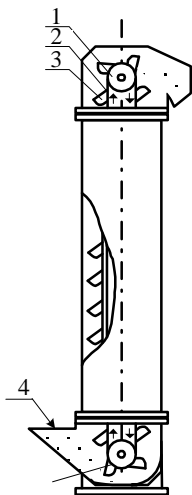


Рисунок 2 – Схема элеватора

- 1 – приводной барабан;
- 2 – лента; 3 – ковши;
- 4 – натяжное устройство

Конвейеры – это машины для перемещения непрерывным или почти непрерывным потоком массовых сыпучих, кусковых и относительно легких штучных грузов.

Элеваторные склады разделяют: на заготовительные (линейные), которые служат для приема зерна непосредственно от производителей и отгрузки его потребителям; на мельничные (производственные) или перевалочные (портовые) элеваторы для перевалки с одного вида транспорта на другой или для длительного хранения.

Преимуществами элеваторов являются: сохранность транспортируемого груза, простота конструкции, надежность при эксплуатации, возможность создания герметичного и звукоизолирующего кожуха, обеспечивающего защиту окружающей среды от пыли и шума, малые габаритные размеры в поперечном направлении, возможность подачи груза на значительную высоту, большой диапазон производительности. К недостаткам относятся: имеющие место отрывы ковшей при перегрузках и необходимость равномерной подачи груза.

Производительность ковшовых элеваторов или норий

$$\Pi = 3,6 \frac{e}{l_k} \psi v \gamma,$$

где  $e$  – вместимость ковша, л;

$l_k$  – шаг ковшей, м;

$\psi$  – коэффициент наполнения ковшей грузом, принимаемый для зерновых грузов 0,75–0,9;

$v$  – скорость движения ковшей, м/с;

$\gamma$  – объемная масса груза, т/м<sup>3</sup>.

## 2 Последовательность выполнения работы

1 Ознакомиться с устройством элеваторов и ленточных конвейеров.

2 В филиале кафедры изучить основы технологического процесса по переработке и хранению различных видов зерна.

### Содержание отчета

1 Схема элеваторного склада ОАО “Гомельхлебпродукт”, технология работы и функции основных устройств.

2 Расчет производительности ковшового элеватора по исходным данным, собранным в филиале кафедры.

### Список рекомендуемой литературы

1 *Зенков Р.Л., Иваишков И.И., Колобов Л.Н.* Машины непрерывного транспорта. – М., 1987. – 432 с.

2 Единые нормы выработки и времени на вагонные, автотранспортные и складские погрузочно-разгрузочные работы. – М., 1987. – 160 с.

3 *Падня В.А.* Погрузочно-разгрузочные машины. – М., 1981. – 448 с.

4 *Гриневич Г.П.* Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ на железнодорожном транспорте. – М., 1981. – 343 с.

5 Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских операций на предприятиях железнодорожного транспорта: Методические указания по курсовому и дипломному проектированию. Ч. II, III / *Н.П. Берлин, Н.П. Негрей, В.В. Скоробогатько, Г.А. Циркунов.* – Гомель, 1987, 1988. – 50 с.

6 *Ридель А.Э., Игнатов А.П.* Погрузочно-разгрузочные машины на железнодорожном транспорте. – М., 1986. – 264 с.

7 *Бетехтина Р.А., Петухов В.Я.* Методические указания к лабораторным работам на грузовых пунктах Новосибирского узла. – Новосибирск, 1978. – 52 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение .....  | 3  |
| <b>Лабораторная работа № 1</b> Определение пропускной способности бункера .....   | 4  |
| <b>Лабораторная работа № 2</b> Изучение конструкций и особенностей технологии работы малогабаритных погрузчиков циклического действия ..... | 7  |
| <b>Лабораторная работа № 3</b> Изучение конструкций козловых кранов и особенностей технологии работы .....                                  | 11 |
| <b>Лабораторная работа № 4</b> Обеспечение устойчивости кранов при производстве погрузочно-разгрузочных работ .....                         | 14 |
| <b>Лабораторная работа № 5</b> Исследование процессов механизированной выгрузки сыпучих грузов на повышенном пути .....                     | 18 |
| <b>Лабораторная работа № 6</b> Изучение технологии работы и технического оснащения склада элеваторного типа .....                           | 19 |
| Список рекомендуемой литературы .....   | 21 |

Учебное издание

*БЕРЛИН Николай Петрович*  
*СМЫШЛЕНОВА Светлана Викторовна*

**Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ**

Лабораторный практикум

Редактор М. П. Д е ж к о  
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а  
Корректор Т. М. Р и з е в с к а я

Подписано печать 23.02.2005 г. Формат 60×84 1/16.  
Бумага газетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,23. Тираж 400 экз.  
Зак. № Изд. № 4121.

Редакционно-издательский отдел УО «БелГУТ», 246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.  
Лиц. № 02330/0133394 от 19.07.2004 г.

Типография УО «БелГУТ», 246022, г. Гомель, ул. Кирова, 34.  
Лиц. № 02330/0148780 от 30.04.2004 г.