

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР
БРЕСТСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА МАШИНОВЕДЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсу "Строительные машины" (часть 2. Строительные машины) для специальностей I202, I205, I209, I511

Утверждены советом механического факультета 26.02.87 г., протокол 7

г.Брест - 1987 г.

УДК 621.002 (075.8)

Методические указания к лабораторным работам по курсу "Строительные машины" (часть 2. Строительные машины) составлены в соответствии с учебными программами для студентов дневного и заочного обучения специальностей I202, I205, I209, I511.

В указаниях приведены цель, общие сведения, описание лабораторных установок, последовательность выполнения работы, контрольные вопросы, список литературы.

Составитель - доцент, к. т. н. Дубровин А. Е.

Одобрено кафедрой машиноведения 6.02.87, протокол № 9

Рецензенты: кафедра строительного производства
Новополоцкого политехнического института;
доцент, к. т. н. КАЛМЫКОВ Л. Ф.

Главный механик ДСПМК-182 Облсельотроя,

Лабораторная работа № 11
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
РОТОРНОГО ТРАНШЕЙНОГО ЭКСКАВАТОРА

Цель работы - изучить устройство и научиться рассчитывать производительность роторных траншейных экскаваторов.

Общие сведения

Траншейные экскаваторы предназначены для рытья траншей в однородных (до III категории) грунтах под кабели связи, газопроводы, нефтепроводы, трубопроводы канализации, теплофикации и другие коммуникации.

Рабочий орган роторного траншейного экскаватора представляет собой колесо, оборудованное по наружной поверхности ковшами с зубьями, а внутри транспортером, установленным поперек оси движения машины. При подходе ковша в верхнее положение грунт под действием силы тяжести разгружается на транспортер и отбрасывается им в отвал.

Подробное устройство экскаваторов можно изучить по плакатам, имеющимся в лаборатории.

Роторные траншейные экскаваторы имеют следующие преимущества (по сравнению с цепными): более высокий КПД и, следовательно, менее энергозатратный процесс разработки грунта ввиду отсутствия цепей, работающих в абразивной среде; более высокая производительность благодаря повышенному числу разгрузок, обеспечиваемому равномерностью вращения ротора и лучшими условиями разгрузки ковша. Роторные рабочие органы жестче, прочнее, способны работать в более тяжелых условиях и с большей скоростью (2...3 м/с вместо 0,7...1,1 м/с для цепных).

Однако роторные экскаваторы имеют большие габаритные размеры и массу, чем цепные. Это объясняется большими размерами и массой ротора по сравнению с цепным рабочим органом для одних и тех же размеров отрываемых траншей.

Роторные траншейные экскаваторы применяются главным образом на линейных работах большой протяженности преимущественно вне населенных пунктов, когда не требуется частой перебазировки машин с одного участка на другой.

Теоретическая (конструктивная) производительность - это производительность экскаватора при максимально возможной скорости рабочего органа и 100% -ном наполнении экскавационных емкостей за I час непрерывной работы.

Теоретическая производительность роторного экскаватора по выносной способности ротора составит:

$$\Pi_o = \frac{60 q z n}{1000} = 0,06 q z n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где q - геометрическая емкость ковша, л;
 z - число ковшей на роторе;
 n - число оборотов ротора в минуту, об/мин.

С другой стороны,

$$\Pi_o = \frac{b h L}{t} = b h U_o, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2)$$

где b - ширина траншеи, м; h - глубина траншеи, м;
 L - длина траншеи, м; t - время, час;
 $\frac{L}{t} = U_o$ - расчетная скорость передвижения экскаватора, м/ч.
 Очевидно, должно быть справедливо равенство

$$0,06 q z n = b h U_o, \quad (3)$$

откуда требуемая расчетная скорость передвижения экскаватора

$$U_o = \frac{0,06 q z n}{b h}, \text{ м/ч}. \quad (4)$$

Степень выполнения условия (3) характеризуется коэффициентом

$$k = \frac{U_p}{U_o}, \text{ где } U_p - \text{ фактическая скорость экскаватора.}$$

Теоретическая производительность подсчитывается, как правило, при выполнении проектных работ.

Техническая производительность экскаватора - это производительность за I час непрерывной работы в грунте данной категории, взятом в плотном теле

$$\Pi_T = \Pi_o \frac{k_n}{k_p}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5)$$

где $k_n = \frac{q_p}{q}$ - коэффициент наполнения ковшей, зависящий от свойств грунта, толщины срезаемой стружки и формы забоя;
 q - фактический объем грунта в ковше; $k_p = \frac{V_p}{V}$ - коэффициент разрыхления грунта в процессе разработки; V_p - объем грунта в рыхлом теле; V - объем грунта в плотном теле (т.е. такой объем, который занимал грунт до его разработки).

Значения коэффициентов приведены в таблице I:

Таблица I

Категории грунта по трудности разработки	Грунты	k_n	k_p
I	Песчаные	0,9 - 1,2	1,08 - 1,17
II	Суглинки	0,8 - 1,1	1,14 - 1,28
III	Глинистые	0,75 - 1,0	1,24 - 1,30
IV	Тяжелые глины	0,7 - 0,9	1,26 - 1,32

Техническая производительность экскаватора указывается в техническом паспорте машины.

Эксплуатационная производительность - это производительность экскаватора в конкретном грунте с учетом времени простоев, перерывов и задержек:

$$P_3 = P_T \cdot k_B, \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad (6)$$

где $k_B = \frac{T_\phi}{T} = 0,5 \dots 0,7$ - коэффициент использования рабочего времени,

T - продолжительность смены; T_ϕ - продолжительность фактической или "чистой" работы (т.е. рабочее время без простоев, перерывов и задержек).

Эксплуатационная производительность рассчитывается при необходимости выбора машин (комплектов машин).

Все три категории (вида) производительности являются расчетными и, как правило, не совпадают с реальной (фактической) производительностью.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис.1) моделирует процесс разработки грунта роторным рабочим органом и состоит из ротора I с эл.приводом, неподвижной рамы с направляющими 2, в которых установлен подвижный планшет 3, моделирующий грунт. На одном из ковшей ротора закреплен подпружиненный графитовый стержень 4, который при вращении ротора вычерчивает траекторию движения зуба ковша на планшете. Таким образом, с целью упрощения конструкции установки, при выполнении опытов планшет ("грунт") с поступательной скоростью V надвигается на вращающийся ротор.

При вращении ротора и равномерном перемещении планшета графитовый стержень вычерчивает определенную траекторию, рисунок который зависит от скорости V (рис.2).

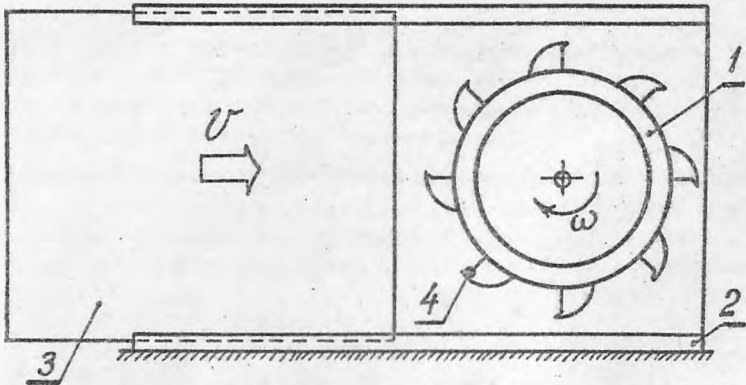


Рис.1. Схема лабораторной установки

1- ротор; 2- рама; 3- планшет; 4- зуб конуса (графитовый стержень).

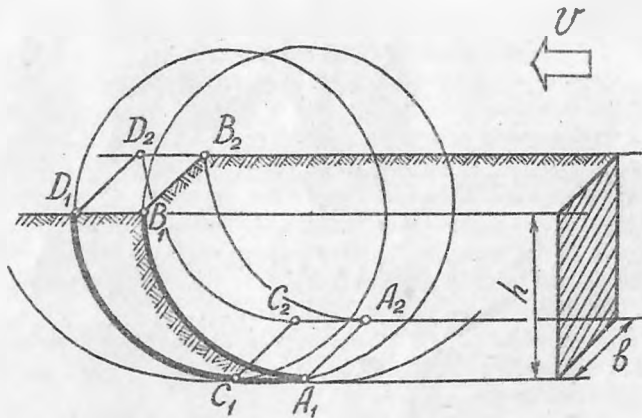


Рис.2. Расчетная схема

Последовательность выполнения работы

1. Изучить устройство экскаваторов по плакатам.
2. Ознакомиться с устройством лабораторной установки. Получить разрешение на ее включение.
3. Рассчитать теоретическую производительность модели экскаватора по выносной способности ротора (см. формулу 1).
4. Рассчитать требуемую расчетную скорость U_0 (см. формулу 4); приняв глубину траншеи $h = 0,4d$, где d - диаметр ротора, м. Геометрическую емкость ковша q можно определить с помощью воды и мерного стакана; число оборотов ротора в минуту - с помощью секундомера. Ширину траншеи принять равной ширине ковша b .
5. Выполнить опыт при вращающемся роторе. Планшет надо стараться перемещать со скоростью U_0 . Например, если $U_0 = 14,4$ м/ч = 0,004 м/с, то это означает, что во время опыта надо перемещать планшет со скоростью 4 мм/с или 40 мм за 10 секунд. При проведении опыта это выполнить трудно. Фактическая скорость будет

$$U_{\phi} = \frac{3,6 B, D_1}{t} \text{ , м/ч ,} \quad (7)$$

где B, D_1 - путь, пройденный планшетом ("грунтом") за один оборот ротора, мм;

$t = \frac{60}{n}$ - продолжительность одного оборота ротора, с;

n - число оборотов ротора в минуту;

3,6 - коэффициент перевода мм/с в м/ч.

6. Вычислить величину $k = \frac{U_{\phi}}{U_0}$.

7. Полученные данные включить в таблицу 2:

Таблица 2

№ пп	q , л	z , шт	n , об/мин	P_0 , м ³ /ч	b , м	h , м	$L=B, D_1$, м	t , с	U_0 , м/ч	U_{ϕ} , м/ч	$k = \frac{U_{\phi}}{U_0}$
1											
2											
3											

8. Проанализировать полученные данные и установить причину, почему $k \neq 1$. Указать последствия этого неравенства для реальных экскаваторов (при $U_{\phi} > U_0$ и при $U_{\phi} < U_0$).

9. Рассчитать эксплуатационную производительность заданного экскаватора (см. табл.3), используя также данные таблицы 1:

Таблица 3

№ п/п	Вариант	1	2	3	4	5	6
	Марка экскаватора	ЭТР-161	ЭТР-162	ЭР7АМ	ЭР7П	ЭТР204	ЭТР253
1	Емкость ковша, л	70	70	90	65	140	250
2	К-во ковшей	10	10	14	16	14	14
3	Частота вращения ротора, об/мин	11,7	10,5	9,6	8,4	9,6	7,4
4	Категория грунта	I	I	II	II	III	III
5	Глубина траншеи максим., м	1,6	1,6	2,0	2,2	2,0	2,5
6	Ширина траншеи, м	0,8	0,8	1,2	1,1	1,2	2,1
7	Диапазон скоростей рабочего хода, м/ч	54-266	5-308	31-310	31-310	10-300	0-310

10. Оформить отчет. Отчет должен содержать схему лабораторной установки, расчетную схему, заполненную таблицу 2, анализ по п.8, расчет по п.9, ответы на контрольные вопросы (письменно).

Контрольные вопросы:

1. Не глядя на подрисовочные надписи к плакатам, назовите основные элементы траншейных экскаваторов.
2. Что означает объем A_1 , A_2 , B_1 , B_2 , C_1 , C_2 , D_1 , D_2 ? За счет чего его можно увеличить? Какие проблемы при этом возникают?
3. Какие свойства грунтов влияют на производительность экскаватора?
4. Почему траншейные экскаваторы имеют такой широкий диапазон скоростей (см. табл.3)? От чего зависит выбранная водителем (или автоматической системой) скорость передвижения? Какие элементы должны входить в такую автоматическую систему?
5. В чем заключаются резервы повышения производительности траншейных экскаваторов?

Литература:

1. Строительные машины. Справочник в 2-х т. Под редакцией Б.А.Багмана. Т.1. М., "Машиностроение", 1976, с.63-105.
2. Давидович П.Я. Крикун В.Я. Траншейные роторные экскаваторы. М., "Издра", 1974, с.9-55.

Лабораторная работа № 12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ РОТОРНОГО БЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ

Цель работы – изучить принцип действия и устройство роторного бетоносмесителя, экспериментально определить удельное сопротивление перемешиванию и вычислить потребляемую мощность приводного двигателя модели роторного бетоносмесителя.

Работа выполняется за 2 часа. Специальных мер безопасности не требуется.

Общие сведения

Из всего многообразия конструкций бетоносмесителей принудительного действия наибольшее применение в СССР и за рубежом нашли бетоносмесители роторного типа. Они предназначены для приготовления бетонных смесей любой консистенции и растворов, характеризуются высокими технико-экономическими показателями, достаточной простотой конструкции и удобством в эксплуатации.

Принципиальная схема работы роторного бетоносмесителя приведена на рис. 1, вид сверху. Перемешивание смеси происходит в чаше 1, в центре которой помещен стакан 2, предотвращающий образование "мертвых зон", в результате образуется кольцевое смесительное пространство. Относительно центральной оси вращается ротор 3, к которому на разном удалении от оси вращения прикреплены смесительные лопасти. Рабочие поверхности лопастей образуют углы с направлением движения лопасти, поэтому при вращении ротора лопасти создают продольные и поперечные потоки смешиваемой массы, в результате чего происходит интенсивное перемешивание. При движении лопасти перемешивают весь объем смеси и во время выгрузки полностью очищают внутреннюю поверхность смесительной емкости, предотвращая налипание смеси на стенки и днище. Готовая смесь выгружается через отверстие в днище чаши, перекрываемое во время перемешивания поворотным затвором с приводом или затвором клапанного типа. Ротор с лопастями приводится во вращение от мотор-редукторов вертикального исполнения. Лопасти крепятся к ротору с помощью державок и амортизаторов.

В настоящее время выпускаются роторные бетоносмесители с объемом готового замеса от 163 до 2000 литров.

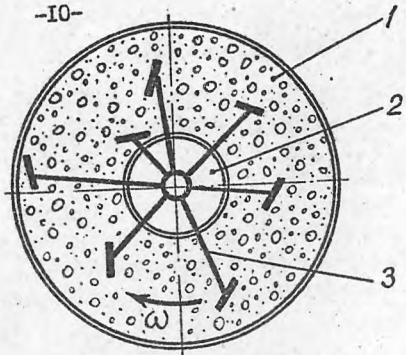


Рис.1. Принципиальная схема роторного бетоносмесителя

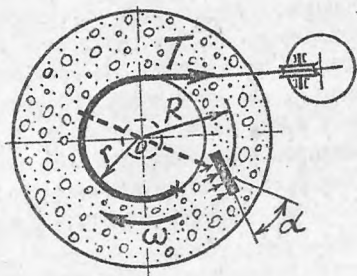
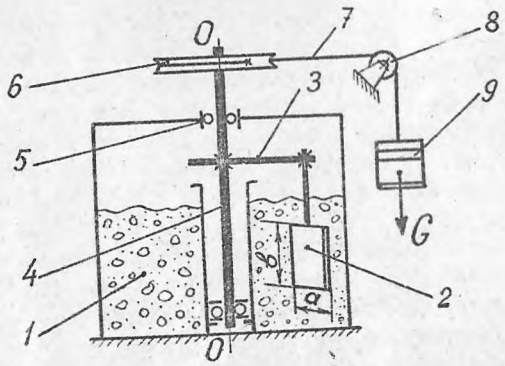


Рис.2. Схема лабораторной установки

Подробно конструкции роторных бетоносмесителей можно изучить по плакатам.

Методика определения удельного сопротивления перемешиванию и потребной мощности двигателя

Для определения потребной мощности должны быть известны силы сопротивления и скорости точек приложения этих сил. На частицу материала, находящуюся в кольцевом смесительном пространстве, действуют внешние силы от лопасти, меняющиеся по величине и направлению, центробежные силы, силы внутреннего и внешнего трения и силы, обусловленные вязко-пластическими свойствами смеси. Под воздействием указанных сил частица может перемещаться как в направлении вращения лопасти, так и в радиальном направлении, а также опускаться или подниматься. Траектории движения частиц, точный расчет указанных сил весьма сложны, поэтому задача аналитического определения сил, работы, мощности в настоящее время является практически трудно разрешимой.

Обычно предполагается, что сопротивление движению лопасти со стороны материала пропорционально ее фронтальной (активной) поверхности. Потребная мощность зависит от поверхности лопастей и их относительного положения в пространстве, окружной скорости движения лопастей, высоты смешиваемого слоя (гидродинамического напора) и физико-механических свойств смешиваемой среды.

Суммарный крутящий момент на лопадном валу смесителя:

$$M = k(F_1 R_1 \cos \alpha_1 \cos \beta_1 + F_2 R_2 \cos \alpha_2 \cos \beta_2 + \dots + F_i R_i \cos \alpha_i \cos \beta_i) \text{ , н.м (1)}$$

где k - удельное сопротивление продвижению лопасти в бетонной смеси, н/м² (Па);

F_i - площадь каждой лопасти, м²;

R_i - средний радиус вращения лопасти, (измеряется от оси вращения до середины лопасти), м;

$\alpha_i; \beta_i$ - углы наклона лопасти в горизонтальной и вертикальной плоскостях, рад;

i - число лопастей, шт.

Потребная мощность двигателя определяется по формуле

$$N = \frac{M \omega}{\eta} \cdot 10^{-3} \text{ , кВт , (2)}$$

где $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ угловая скорость вала, ротора, рад/с;

$n = 18 \dots 30$ - число оборотов вала ротора в минуту, об/мин;

$\eta = 0,85 \dots 0,95$ - КПД механических передач.

Таким образом, для определения потребной мощности приводного двигателя необходимо знать величину удельного сопротивления перемешиванию k , которую определяют экспериментально на стендах.

Описание лабораторной установки

Схематично лабораторный стенд роторного бетоносмесителя показан на рис. 2. Обозначения: 1 - корпус смесителя; 2 - лопасть; 3 - ротор; 4 - вал ротора; 5 - подшипники; 6 - шкив; 7 - тросик; 8 - направляющий блок; 9 - сменные грузы (разновесы).

Удельное сопротивление k можно определить из условия

$$\Sigma M_0 = 0; \quad T_r - kRF \cos \alpha' \cdot \cos \beta = 0,$$

$$k = \frac{T_r}{RF \cos \alpha' \cos \beta}, \quad \text{н/м}^2 \text{ (Па)}, \quad (3)$$

где $F = \alpha v$, м²; $T = G \eta_{\text{бл}}$, н; $\eta_{\text{бл}} = 0,95$.

Принадлежности: разновесы, линейка 200 мм, транспортир, отвертка, гаечный ключ.

Последовательность выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством и рабочим процессом роторных бетоносмесителей (см. плакаты, макеты).
2. Ознакомиться с методикой определения удельного сопротивления перемешиванию, крутящего момента и потребной мощности двигателя.
3. Провести опыты на стенде с целью определения величины удельного сопротивления для различных углов установки лопасти: $\alpha' = 0$; $\alpha' = 30^\circ$; $\alpha' = 45^\circ$; $\alpha' = 60^\circ$. Для всех опытов принять $\beta = 0$. Результаты измерений занести в таблицу:

Таблица

№ пп	α , градусы	R , м	r , м	F , м ²	G , н	T , н	k , н/м ²	M , н·м	$N = \frac{M \omega}{\eta}$, Вт %
1	$\alpha = 0$								
2	$\alpha = 30^\circ$								
3	$\alpha = 45^\circ$								
4	$\alpha = 60^\circ$								

4. Построить график $k = f(\alpha)$.

5. Определить мощность, потребную для привода лабораторного

бетоносмесителя при $n = 30$ об/мин.

6. Проанализировать полученные результаты.

7. Оформить отчет. Отчет должен содержать схему лабораторной установки, расчеты, заполненную таблицу, график $k = f(\omega)$, анализ и выводы, ответы на контрольные вопросы (письменно).

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные узлы и детали роторного бетоносмесителя.
2. Как происходит выгрузка смеси из бетоносмесителя?
3. Объясните физический смысл величины k по формуле (3) при $r=R$.
4. В чем смысл выражения $kR^2 \cos\alpha \cdot \cos\beta$?
5. В чем вы видите недостатки приведенной методики определения N ?

Литература

1. Королев К.М. Методика определения параметров бетоносмесителей роторного типа. - Строительные и дорожные машины. Журн., 1977, № 2, с.24-25.

2. Королев К.М. Современное бетоносмесительное оборудование и опыт его эксплуатации. Обзорная информация. М., ЦНИИГЭстроймаш, 1978.

Лабораторная работа № 13

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН И
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Цель работы - получить краткие сведения из теории кслебаний, изучить конструкции вибромашин различного технологического назначения, научиться измерять, рассчитывать их основные параметры, выбирать вибромашину для конкретных условий строительного производства.

Лабораторная работа рассчитана на два часа.

При проведении работы особых мер безопасности не требуется, однако на включение двигателя вибратора следует получить разрешение преподавателя (лаборанта).

1. Общие сведения

Вибрацией называют механические колебания. Под воздействием вибрации значительно изменяются физико-механические свойства многих строительных материалов, в частности, вибрация резко уменьшает силы внутреннего трения. Так, песок, несвязные и малосвязные грунты, бетонные смеси под воздействием вибрации приобретают некоторые свойства "тяжелой жидкости", что позволяет более эффективно разрыхлять, либо уплотнять эти материалы - результат зависит от выбранных режимов работы.

Теория процессов, происходящих при воздействии вибрации на насыпные, упруго-пластичные, упруго-вязкопластичные среды и твердые тела весьма сложна и недостаточно изучена, большую часть информации о процессах взаимодействия вибростанов с обрабатываемой средой получают из экспериментов.

Принципиальная схема вибродвижителя показана на рис. 1.

При вращении дебаланса возникает центробежная сила инерции (вынуждающая сила, возмущающая сила) $Q = mr\omega^2$, которая заставляет массу M совершать колебания. Здесь m - масса дебаланса; r - расстояние от оси вращения дебаланса до центра его массы; ω - угловая частота, круговая частота, рад/с; $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$, где f - частота колебаний, равная отношению числа циклов колебаний ко времени их совершения; T - период колебаний, с; $f = 1/T$, Гц (герц). Величину mr называют моментом массы дебаланса.

Вынужденные колебания такой системы на основании принципа Даламбера описываются дифференциальным уравнением

$$M\ddot{y} + \beta\dot{y} + cy = Q \cos \omega t, \quad (1)$$

где $M\ddot{y}$ - сила инерции колеблющейся массы M ;

$\beta\dot{y}$ - сила вязкого сопротивления, пропорциональная первой степени скорости колебаний;

β - коэффициент, характеризующий силу вязкого сопротивления (демпфирования колебаний). Демпфирование - означает успокаивать (от нем. *Dämpfer* - глушитель);

cy - упругая сила пружины; c - жесткость пружины;

$Q = mr\omega^2$ - центробежная сила инерции (вынуждающая, возмущающая сила);

y ; \dot{y} ; \ddot{y} - соответственно вибрационное перемещение, скорость и ускорение колебаний.

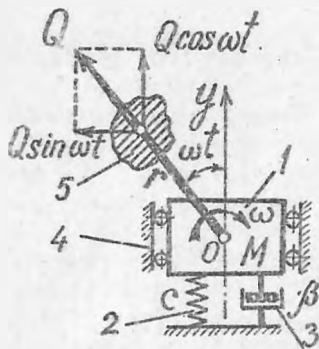
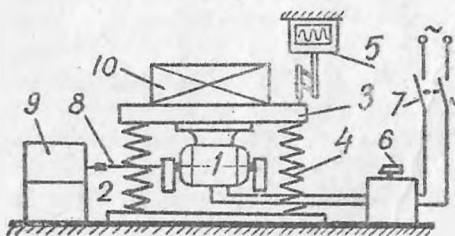


Рис. 1. Принципиальная схема
вибрационного устройства
1-колеблющаяся масса M ;
2-линейная пружина жесткостью C ;
3-демпфер (гаситель колебаний)
с коэффициентом сопротивления β ;
4- направляющие (ограничители);
5- дебаланс (неуравновешенная
масса m).



Рис. 2. Амплитудно-частотная
характеристика виброустройства



- 1- эл.двигатель ;
- 2- дебалансы ;
- 3- виброплощадка ;
- 4- пружины ;
- 5- виброграф ручной ВР-I ;
- 6- регулятор (ЛАТР) ;
- 7- выкл. эл.питания ;

8-тростик привода тахометра ; 9-тахометр ; 10-рабочая среда (песок).

Рис. 3. Схема лабораторного вибростенда

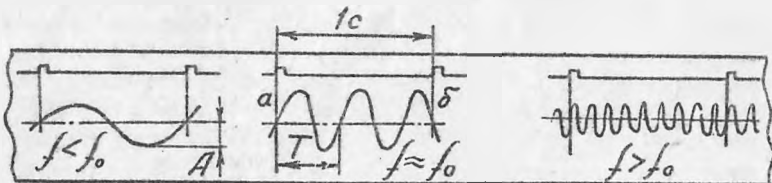


Рис. 4. Образец виброграммы

Наличие величины $\cos \omega t$ указывает на гармонический (синусоидальный) характер колебаний.

Решением уравнения (1) будет

$$y = \frac{mr}{M} \lambda \quad (2)$$

где λ - коэффициент динамичности (усиления):

$$\lambda = \frac{\omega^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \frac{\beta^2 \omega^4}{M^2}}} \quad (3)$$

ω_0 - частота собственных колебаний системы.

Приведем краткий анализ выражения (3):

а) если $\beta = 0$ (что возможно только в идеальной упругой системе) и $\omega = \omega_0$ (условие резонанса), то знаменатель выражения (3) обращается в ноль; однако раскрытие неопределенности по правилу Лопиталья показывает, что λ становится бесконечно большой величиной;

б) если $\omega = \omega_0$ (резонанс) и $\beta > 0$, то λ имеет конечную величину; этот случай используют на практике для получения больших амплитуд колебаний;

в) при $\omega \gg \omega_0$ (зарезонансный режим) и если пренебречь величиной $\frac{\beta^2 \omega^4}{M^2}$ то $\lambda \approx 1$ и в этом случае

$$y = \frac{mr}{M} \quad (4)$$

График функции (2) показан на рис. 2 (его называют амплитудно-частотной характеристикой виброустройства).

Режим колебаний, при котором $\omega = \omega_0$, называют резонансом; зону $\omega < \omega_0$ называют дорезонансной; зону $\omega > \omega_0$ - зарезонансной.

В околорезонансной зоне колебания неустойчивы, особенно при малых и меняющихся значениях вязких сопротивлений β ; достаточно незначительно изменить β или отношение ω/ω_0 , чтобы резко изменилось виброперемещение колеблющейся массы.

В зарезонансной зоне, при $\omega/\omega_0 = 4 \dots 6$ демпфирование практически не влияет на колебания системы. Другими словами, в далеко зарезонансной зоне виброперемещение колеблющейся массы, оцениваемое полуразмахом (амплитудой) колебаний, практически не зависит от величины вязких сопротивлений - здесь колебания устойчивы независимо от возникающих сопротивлений. Поэтому подавляющее большинство вибромашин рассчитывают для работы в зарезонансном режиме.

2. Последовательность выполнения работы

2.1. Ознакомьтесь с конструкцией вибростенда и его работой. Схема лабораторного стенда изображена на рис. 3.

Скорость вращения вала двигателя I можно изменять по желанию от 0 до 2800 об/мин путем изменения напряжения питания. После внимательного изучения конструкции стенда и разрешения преподавателя (лаборанта) произведите пробный запуск виброплощадки, для чего выполните следующее:

- 1) установите указатель регулятора лабораторного автотрансформатора 6 против нуля;
- 2) убедившись, что на вибростенде нет посторонних предметов, включите питание выключателем 7. Посредством ручки 6 постепенно увеличивайте угловую скорость вала двигателя до 2000 об/мин, затем постепенно уменьшайте до нуля; отключите питание выключателем 7.

2.2. Постройте график амплитудно-частотной характеристики виброплощадки:

- 1) получите виброграмму. Для этого, задавая двигателю поочередно 200; 400; ... 2800 об/мин, на каждой фиксированной частоте вводите в соприкосновение с виброплощадкой 3 наконечник вибрографа и кратковременно включайте его лентопротяжный механизм с целью получить не менее 6-8 периодов колебаний в каждом кадре записи;
- 2) обработайте результаты опытов. Виброграмма будет иметь вид, показанный на рис. 4. Пусть требуется измерить частоту и амплитуду колебаний на участке 2. Временной интервал между отметками α и σ составляет 1 с. На этом интервале укладывается 2,5 колебания, следовательно, частота $f = 2,5$ Гц.

В общем случае, $f = z/t$, где z - число полных колебаний за время t в секундах. Амплитуда A берется с виброграммы как полуразмах колебаний в мм;

- 3) по данным f и A постройте график амплитудно-частотной характеристики; выделите характерные зоны (участки) - дорезонансный, резонансный, зарезонансный.

2.3. Изучите конструкции имеющихся в лаборатории электромеханического вибратора общего назначения с круговыми колебаниями (технические характеристики таких мотор-вибраторов приведены в таблице I); маятникового вибратора; глубинного вибратора и др.

Обратите внимание, что любая вибрационная машина включает двигатель, вибровозбудитель механических колебаний (собственно вибратор) и рабочий орган (плиту, валец, лоток, зуб рыхлителя и др).

Технические характеристики электромеханических вибраторов общего назначения с круговыми колебаниями

Таблица I

Параметр	Индекс вибратора № №)				
	ИВ-19	ИВ-20	ИВ-21	ИВ-22	ИВ-24
Номинальная мощность двигателя, кВт	0,27	0,4	0,6	0,8	1,5
Частота вращения, №) об/мин	2800	2800	2800	2800	2800
Момент массы дебалансов, кг·см (дан·см)	1,4	2,3	4,6	9,2	34
	1,8	2,9	5,7	11,5	
	2,3	3,6	7,2	14,3	
		4,6	9,2	18,3	
Максимальная вынуждающая сила, кгс	200	400	300	1600	3000
Напряжение, В		220 / 380			
Масса, кг	12	20	32	55	80

Примечания:

*) частота вращения - величина, равная отношению числа оборотов вращающегося тела ко времени вращения. В Международной системе (СИ) частоту вращения выражают в C^{-1} ; внесистемные единицы - оборот в минуту (об/мин) и оборот в секунду (об/с).

**) вибраторы на 36 В имеют в индексе дополнительную букву А.

2.4. Решите задачу.

На расходном бункере с песком для интенсификации его разгрузки решили установить центробежный мотор-вибратор.

Требуется подобрать тип вибратора из имеющихся в наличии (см. табл. I), если известно:

1) величина амплитуды колебаний, при которой песок начинает легко "течь" из бункера, равна 0,05 мм, рабочая частота 2800 колебаний/мин., собственная частота устройства 5 Гц.

2) вес бункера с песком равен 10^3 дан (1000 кгс).

2.5. Оформление отчета.

Отчет должен содержать схему стенда; виброграмму и график амплитудно-частотной характеристики; решение задачи; ответы на контрольные вопросы (письменно).

Контрольные вопросы:

1. В чем заключаются преимущества и недостатки резонансных вибромашин? Зарезонансных?
2. Как определить опытным путем величину момента массы дебалансов вибратора?
3. Каким образом можно изменять возмущающую силу вибратора?
4. Какие процессы происходят в зоне контакта рабочих органов вибромашин с обрабатываемой средой?
5. Перечислите основные параметры вибромашин.

Литература

1. Бауман В.А., Быховский И.И. Вибрационные машины и процессы в строительстве. М., Машиностроение, 1977.

Лабораторная работа № 14

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА, РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕТОНОНАСОСОВ

Цель работы - изучить устройство и рабочий процесс бетононасосных установок, выбрать тип (марку) бетононасоса для конкретных условий работы.

Работа рассчитана на 2 часа. При проведении работы мер безопасности не требуется.

Общие сведения

Применение бетононасосов является одним из прогрессивных методов механизации процессов подачи и распределения бетонных смесей, повышающих качество и эффективность бетонных работ при возведении самых разнообразных монолитных и сборно-монолитных конструкций в промышленном, гражданском, гидротехническом, сельском и других видах строительства.

Преимущества подачи бетонных смесей по трубам:

- высокий темп укладки, до 250 м^3 в смену;
- комплексное решение задачи горизонтальной до 500 м и вертикальной подачи до 120 м;
- возможность подавать бетонную смесь в места, труднодоступные для других средств механизации;
- защита от атмосферных осадков, отсутствие потерь смеси;
- высокая культура технологии производства работ.

Однако эти преимущества могут быть реализованы только при условии правильного выбора типов и основных параметров бетононасосных установок (производительность, рабочее давление, диаметр бетоновода, дальность подачи, характер трассы бетоновода и др.).

2. Устройство и рабочий процесс бетононасосных установок

Бетононасосная установка состоит из бетононасоса и бетоновода (стационарного или проложенного по распределительной стреле). Бетононасосные установки могут быть стационарными, прицепными и самоходными; если они смонтированы на базе автомобилей, то их называют автобетононасосами (рис.1).

2.1. Бетононасосы. При выборе бетононасосов предпочтение отдают имеющим наименьшее число ходов поршня, регулируемую производительность, дистанционное управление, возможность реверсирования, возможность переключения с автоматического на ручное управление, позволяющим создавать высокое давление поршня на бетонную смесь, надежным, исключающим поломки при перегрузках, удобным в эксплуатации и т.д. В наибольшей степени указанным требованиям отвечают поршневые бетононасосы с маслогидравлическим приводом; принцип их работы заключается в следующем (рис. 2).

В приемный бункер загружают свежеприготовленную бетонную смесь, которая засасывается поршнем в один из транспортных цилиндров, а поршнем другого транспортного цилиндра одновременно нагнетается в бетоновод. По достижении поршнями крайних положений поворотный патрубок автоматически переключается (с помощью собственного привода), при этом функции цилиндров меняются - всасывающий цилиндр становится нагнетательным, а нагнетательный - всасывающим. В результате смесь нагнетается в бетоновод непрерывно (если не учитывать очень кратковременные остановки, вызванные переключениями затвора из одного положения в другое).

За счет плавной регулировки количество масла, поступающего в рабочие (приводные) гидроцилиндры, производительность бетононасоса можно изменять от минимальной до максимальной.

В качестве распределительных устройств бетононасосов, изменяющих направление потока бетонной смеси, могут применяться поворотные трубы, пластины, шибберные заслонки, клапаны и т.д.

Более подробно устройство современных бетононасосов можно рассмотреть на макетах и плакатах, имеющихся в лаборатории.

2.2. Бетоноводы предназначены для перемещения по ним бетонной смеси от бетононасоса к месту укладки и состоят из отдельных труб-звеньев, соединяемых между собой быстръёмными соединениями. Трубы могут быть стальными или из полимерных материалов. С уменьшением диаметра труб одновременно уменьшается допустимый размер зерен крупного заполнителя, трудоемкость и стоимость монтажа и демонтажа звеньев; вместе с тем, повышается износ бетоновода и сопротивление перекачиванию смеси, падает производительность насоса. Предпочтительными диаметрами следует считать 100-125 мм. Стационарные бетоноводы прокладывают по земле, на подставках, прикрепляют к стенам бетонизируемых сооружений и т.д.

2.3. Распределительные стрелы предназначены для перемещения концевой участка бетоновода в зоне распределения смеси и могут быть смонтированы либо непосредственно на бетононасосе (автобетононасосе), либо выполняются автономными. Распределительная стрела состоит из несущих элементов-секций, бетоновода с концевым резиноканевым рукавом, спорно-поворотного устройства и привода. Несущие элементы выполняются, как правило, коробчатого сечения из высокопрочных сталей. Они шарнирно соединяются между собой и приводятся в действие с помощью гидроцилиндров.

2.4. Автобетононасосы с шарнирно-сочлененной стрелой наиболее эффективно применять при интенсивном ведении бетонных работ и частых перебазировках оборудования, вдоль фронта бетонирования, при необходимости подачи бетонной смеси в опалубку тонкостенных конструкций, отдельно стоящих фундаментов, в оконные проемы, технологические отверстия и другие труднодоступные места.

3. Выбор типа бетононасосной установки

Выбор типа бетононасосной установки зависит от многих факторов-условий расположения объекта строительства, трассы бетоно-

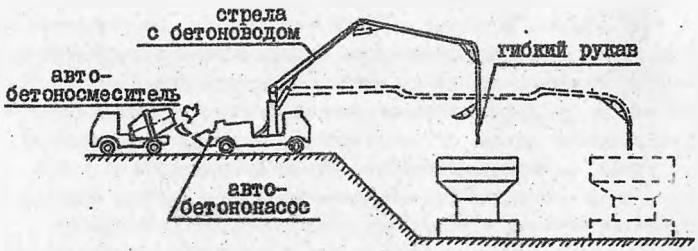


Рис. 1. Технологическая схема

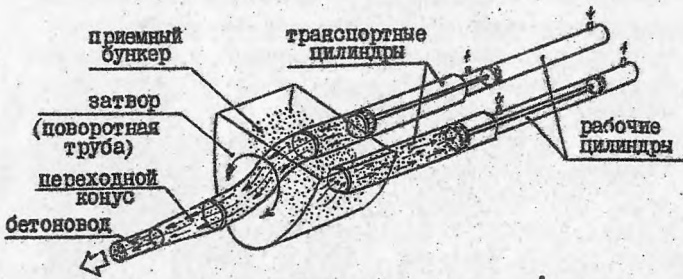


Рис. 2. Схема пневматического бетононасоса

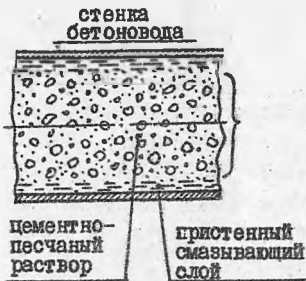


Рис. 3. Характер движения бетоносмеси в трубопроводе

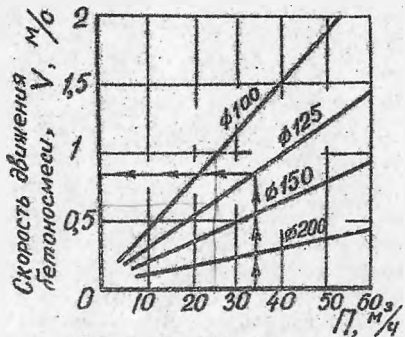


Рис. 4. Зависимость скорости движения бетоносмеси в трубопроводах от производительности бетононасоса

вода (дальности подачи, конфигурации бетоновода, его диаметра), требуемых давлений, производительности (подачи), состава бетонной смеси и ее подвижности и др.

Выбор типа бетононасоса можно производить либо с помощью расчета требуемого давления поршня на бетонную смесь, либо по номограммам.

3.1. Выбор типа бетононасоса по величине требуемого давления поршня на бетонную смесь

Движение (перекачивание) бетоносмеси возможно при условии $P_p \geq P$, где P_p - давление поршня на смесь в транспортном цилиндре, P - общее гидравлическое сопротивление в бетоновode:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \text{ МПа}, \quad (1)$$

где $P_1 = \rho_n \cdot l$ - сопротивление движению бетоносмеси внутри бетоновода постоянного сечения, МПа;

l - общая длина бетоновода, м;

ρ_n - удельное сопротивление движению бетоносмеси на одном погонном метре бетоновода, МПа/м; зависит от характера и скорости движения, состава и подвижности смеси, крупности и вида заполнителя, доли песка в заполнителях, материала бетоновода и его внутреннего диаметра. Движение смеси в бетоновode может происходить только при наличии пристенного смазывающего слоя, состоящего из цементного геста и мельчайших частиц песка (рис.3). Создание пристенного слоя обеспечивается правильным подбором состава бетонной смеси.

Величину ρ_n для бетонных смесей подвижностью до 10 см рекомендуется определять по формуле

$$\rho_n = (\alpha \sqrt{V} + \rho_0) \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \text{ МПа}, \quad (2)$$

где α - коэффициент, зависящий от подвижности и состава смеси (табл. 1);

Таблица 1

Номер состава смеси*	Расход цемента в бетонной смеси, кг/м ³	Величина коэф. α		Величина ρ_0	
		МПа·(с/м) ^{1/2}		МПа/м	
		Подвижность смеси (осадка конуса)			
		8 см	10 см	8 см	10 см
1	300	0,0113	0,0088	0,0060	0,0032
2	400	0,0140	0,0120	0,0111	0,0074

Примечание:

* расход песка в смеси 1 и 2 принят соответственно 800 и 700 кг/м³; $M_{np} = 2,1$; $\gamma_n = 1560$ кг/м³, щебня - 800 и 1100 кг/м³ (фракция 5-20 мм);

V - скорость транспортирования смеси, м/с (рис. 4);

ρ_0 - сопротивление на одном погонном метре горизонтального участка трубопровода при сдвиге, т.е. при $V = 0$ (см. табл. 1);

$k_d = \frac{D_{100}}{D}$ - коэффициент изменения сопротивления движению смеси в зависимости от величины внутреннего диаметра трубы;

D_{100} и D - внутренний диаметр трубопровода, равный соответственно 100 мм и применяемый на практике, мм;

k_m - коэффициент изменения сопротивления в зависимости от материала трубопровода (для стали $k_m = 1$, для резиновых шлангов $k_m = 1,5$);

k_g - коэффициент, учитывающий влияние вида крупного заполнителя на величину сопротивлений (для щебня $k_g = 1$, для гравия $k_g = 0,8$);

$P_2 = \gamma h \cdot 10^{-5}$ - потери напора на вертикальном участке бетоновода высотой h , м; при объемной массе бетоно-смеси $\gamma = 2400$ кг/м³

$P_2 = 0,024 h$, МПа;

$P_3 = 3\rho_n \cdot l_k$ - местные потери напора в переходном конусе, соединяющем транспортные цилиндры бетононасоса с бетоноводом, МПа;

l_k - длина переходного конуса, м;

P_4 - местные потери напора в одном колене, МПа. Колена 90°, 45°, 30° эквивалентны по сопротивлению горизонтальному бетоноводу длиной соответственно 12, 7 и 5 м;

$P_{4-90} = 12\rho_n \cdot Z$ - местные потери напора в колене 90°, МПа;

$P_{4-45} = 7\rho_n \cdot Z$ - местные потери напора в колене 45°, МПа;

$P_{4-30} = 5\rho_n \cdot Z$ - местные потери напора в колене 30°, МПа;

Z - число колен, шт.

После определения по формуле (1) общего гидравлического сопротивления P выбирают из табл. 2 наиболее подходящий тип бетононасосной установки, при условии $P_p > P$. Если этому условию удовлетворяют несколько типов бетононасосов, то предпоч-

тение отдают тому из них, который обеспечивает и другие преимущества (мобильность, минимальную энергоемкость, большую подачу и др).

Техническая характеристика бетононасосов
отечественного производства

Таблица 2

Параметр	Марка бетононасоса				
	СВ-95	СВ-123	АВН-60	ВНГ-35	ВН-40
Тип бетононасоса	стациона.	стациона.	автобетононасос	прицепн.	прицепн.
Подача $Q_{тек}, м^3/ч$	25	40	60	25	40
Дальность l^* подачи, м					
- по горизонтали	250	250	180	180	200
- по вертикали	50	50	35	35	40
Диаметр бетоновода внутренний, мм	150	125	100	150	125
Ход поршня, мм	1000	1000	2000	2000	1500
Число ходов поршня, мин ⁻¹	10	11	12	12	12
Наиб. давление в транс- портн. цилиндре $P, МПа$	4,5	6,0	3	3	5,5
Мощность привода об- щая, кВт	56,7	76,7	132	49,7	45

Примечание:

* насосы могут обеспечить указанную дальность подачи либо только по горизонтали, либо только по вертикали.

3.2. Выбор типа бетононасоса по номограммам

Номограмма, показывающая зависимость между давлением в бетоновоме, его диаметром, дальностью подачи, подвижностью бетонной смеси (осадкой конуса) и производительностью насоса, приведена на рис. 5. Данная номограмма составлена для бетонных смесей с содержанием 55 % крупного заполнителя - природного гравия с размером зерен до 25 мм. Принцип определения производительности бетононасоса по известному давлению в бетоновоме (ключ) показан стрелками. Для определения расчетной дальности подачи бетоносмеси на вертикальном участке бетоновоме принимается вдвое большим, чем на горизонтальном. Исходя из этого, к заданной длине горизонтального участка необходимо прибавить удвоенную длину задан-

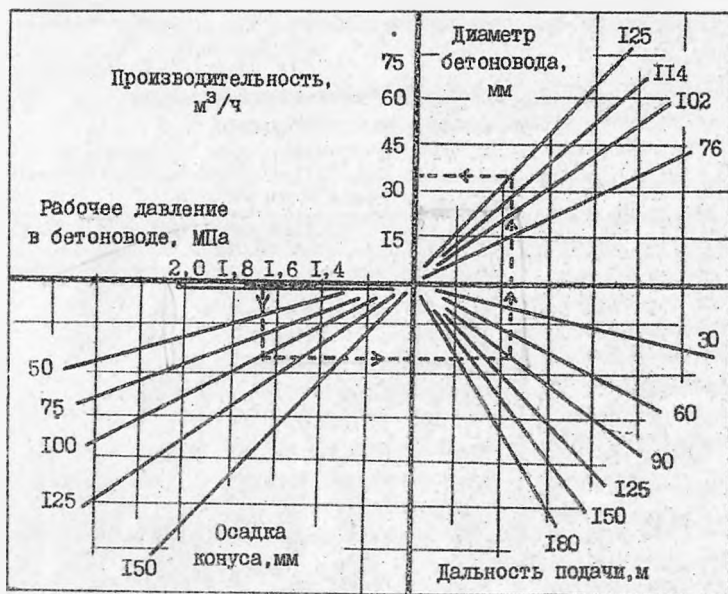


Рис.5. Номограмма для выбора бетононасосов при равномерном движении бетоносмеси и оптимальном рабочем давлении в бетоноводе (0,28–1,41 МПа), максимальном постоянном (1,41–1,76 МПа) и максимальном кратковременном давлении 1,76–2,1 МПа.

ного вертикального бетоновода. С помощью номограммы можно решить и обратную задачу – по требуемой производительности установить возникающее давление в бетоноводе при определенной подвижности бетоносмеси, дальности ее подачи и диаметре трубопровода.

4. Доследовательность выполнения работы

- 4.1. Изучите устройство и рабочий процесс бетононасосных установок по плакатам.
- 4.2. Выберите свой вариант из таблицы 3:

Варианты заданий

Таблица 3

№ параметр	Вариант	Таблица 3					
		I	2	3	4	5	6
1. Общая длина стального бетоновода, м		80	60	50	100	125	150
- в том числе длина вертикального участка, м		20	25	30	28	30	25
2. Диаметр бетоновода внутренний, мм		100	100	100	125	125	150
3. Длина переходного конуса, м		2	2	3	3	4	4
4. Число колен 90°, шт		4	5	5	6	6	6
5. Номер бетоносмеси (табл. I)		1	2	2	2	1	2
6. Подвижность бетоносмеси (осадка конуса, см)		8	10	8	10	8	10
7. Требуемая техническая производительность, л/ч		25	28	30	40	25	60

4.3. Изобразите схему трассы бетоновода, включающую насос, переходной конус, колена, горизонтальный и вертикальный участки.

4.4. Выполните расчет (см. п. 3.1), выберите тип (марку) бетононасоса из табл. 2.

4.5. Научитесь пользоваться номограммой (см. рис. 5).

4.6. Оформите отчет. Отчет должен содержать схему трассы бетоновода, расчеты, марку выбранного бетононасоса, ответы на контрольные вопросы (письменно).

Контрольные вопросы:

1. Объясните устройство и принцип работы двухпоршневого бетононасоса с гидравлическим приводом (устно).
2. В чем заключаются преимущества и недостатки автобетононасосов, стационарных и прицепных бетононасосов?
3. В каких случаях перекачивание бетоносмеси невозможно?
4. Какими соображениями следует руководствоваться при выборе трассы бетоновода?
5. В чем заключаются преимущества и недостатки выбора типа бетононасоса с помощью расчета и по номограммам?

Литература:

1. Королев К.М., Коган С.Ф. Конструкция и опыт эксплуатации современных бетононасосов. М., ЦНИИТЭстроймаш, 1975.
2. Руководство по укладке бетонных смесей бетононасосными установками. М., Стройиздат, 1978. I44с. ЦНИИОМТП Госстроя СССР и НИ СМК "ОСТ" Минстроя ГДР.

Лабораторная работа № 15

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Цель работы — изучить устройство и принцип действия измерительных преобразователей, наиболее широко применяемых при автоматизации строительных машин.

Работа выполняется за 2 часа. На подключение к лабораторным установкам эл. питания необходимо получить разрешение преподавателя.

Общие сведения

Измерительный преобразователь (ИП) — средство измерений для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Термин "ИП" рекомендуется ГОСТ-16263-70 вместо часто встречающегося в литературе термина "датчик". В общем виде ИП можно представить в виде чувствительного элемента ЧЭ и преобразователя ПР (см. рис. 1). Чувствительный элемент в системах автоматки и телемеханики выполняет функции "органов чувств". Он предназначен для преобразования контролируемой величины X в такой вид сигнала X_1 , который удобен для измерения. В преобразователе, как правило, происходит преобразование неэлектрического сигнала X , в электрический сигнал Y . Например, давление X в электроконтактном манометре сначала преобразуется с помощью ЧЭ в механическое перемещение конца трубчатой манометрической пружины X_1 , а затем уже в преобразователе — в изменение электрического сигнала, который удобен для последующих преобразований (передача, усиления и др.)

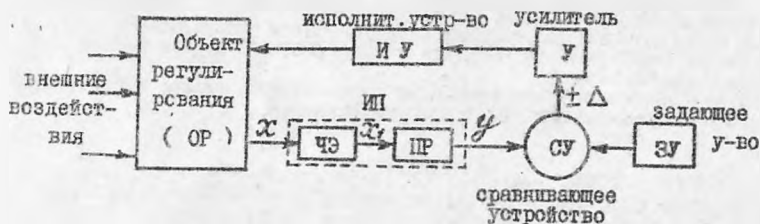


Рис. 1. Место измерительных преобразователей в системе автоматического регулирования (АСР)

Классификация измерительных преобразователей:

Таблица I

№	Наименование ИП	Вид преобразования	Примеры применения
М Е Х А Н И Ч Е С К И Е И П :			
а, перемещения			
1	Потенциометрический (реостатный)	Изменение активного сопротивления	Работомеры, ОПН, уровнемеры
2	Проволочный тензометрический	то же	Измерение малых деформаций, веса в дозаторах
3	Соленоидный	Изменение индуктивности	-измер. перемещений
4	Индуктивный	то же	Работомеры, ОПН, дозатор
5	Емкостной	Изменение емкости	Уровнемеры
6	Концевой выключ.	-"-состояния контактов	Приборы безопасности
7	Тахогенератор	б) скорости угловую скор. в э.д.с. в, ускорения	В приводах машин
8	Пьезоэлектрич.	Ускорение в э.д.с. г, силы	Краны, вибраторы
9	Пьезоэлектрич.	Силу в э.д.с.	Измерение усилий
10	Магнитоупругий	Силу в измен. индуктивн. д) давления	Дозаторы, домкраты
11	Манометрич. пружины	-Давление в перемещение	Гидроприводы
А К У С Т И Ч Е С К И Е И П :			
12	Эл. динам. микрофон	- звук в э.д.с.	Дробилки, мельницы
13	Ультразвуковые	- ультразвук в э.д.с.	Дефектоскопы
Т Е П Л О В Ы Е И П :			
14	Термометры сопрот.	-температуру в изменение	Пропарочные камеры,
15	Полупроводниковые термосопротивл.	активного сопротивления	Подшипники
16	Термопары металлич.	то же	Измерение высоких температур
О П Т И Ч Е С К И Е И П :			
17	Фотоэлементы	световой поток в э.д.с.	Дозаторы, экскаваторы
18	Фотосопротивления	- "- в измен. акт. сопр.	Управл. раб. органами
19	Фотодиоды	то же	"-"
Р А Д И О А К Т И В Н Ы Е И П :			
20	Радиоактивные элементы	Преобразует радиоактивные излучения в ионизационный ток	Измерение уровня жидкости, сыпучих тел, плотности, толщины слоев

В контактных датчиках чувствительный элемент непосредственно соприкасается с контролируемым объектом, а в бесконтактных — не соприкасается.

По выходной величине все электрические датчики разделяются на параметрические (требуют дополнительного источника питания) и генераторные (не требуют дополнительного источника питания, а сами вырабатывают сигнал).

Общими характеристиками датчиков являются: статическая характеристика; динамическая (дифференциальная) чувствительность; инерционность; погрешность; мощность; момент или усилие, требуемое от источника входного сигнала; выходная мощность и выходное сопротивление.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка представляет собой стенд со смонтированными натурными образцами различных ИП, к ним даны пояснительные тексты и рисунки. Понять принцип действия представленных на стенде ИП можно также путем самостоятельного проведения несложных опытов.

Последовательность выполнения работы

1. Изучить общие сведения.
2. Изучить назначение, конструкцию, принцип действия имеющихся ИП.
3. Выполнить опыты, демонстрирующие принцип действия ИП.
4. Выбрать из табл. 2 по три типа ИП (их номера см. в табл. 1):

Таблица 2

Варианты	1	2	3	4	5	6	7
Типы ИП	2, 9, 19	4, 11, 20	6, 10, 16	1, 12, 19	3, 7, 15	8, 13, 14	5, 17, 18

5. Опишите назначение, принцип действия, приведите условное обозначение выбранных типов ИП.

6. Оформить отчет. Отчет должен содержать ответы на вопрос 5 и на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Каково назначение ИП, их место в САР и из каких элементов состоят?
2. Какие датчики называют параметрическими, а какие генераторными?
3. Какие ИП из имеющихся относятся к безинерционным? бесконтактным?
4. Какие из имеющихся ИП требуют усилителей?
5. Приведите примеры применения выбранных из табл. 2 трех типов ИП.

Литература:

1. Богданов К. Д., Беленов И. Б. Основы автоматизации работы строительных машин. М., Стройиздат, 1976.

Лабораторная работа № 16

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Цель работы — изучить конструкцию и принцип действия потенциометрического измерительного преобразователя (ИП) и снять его основные характеристики.

Работа выполняется за 2 часа. На подключение электропитания к стенду требуется получить разрешение преподавателя.

Общие сведения

Потенциометр (от лат. *potentia* — сила и греч. *metrōō* — измеряю) — регулируемый резистор (омическое сопротивление) с подвижным контактом (движком). Применяются в качестве ИП угловых или линейных перемещений. Представляет собой реостат, движок которого жестко связан с каким-либо движущимся первичным измерительным элементом (рычагом, ползуном, штоком, мембраной и т.п.) и скользит по обмотке резистора. Потенциометры работают в схемах с источниками постоянного или переменного тока и, как правило, не требуют дальнейшего усиления.

Основные характеристики потенциометрических ИП:

1. Статический коэффициент преобразования (коэф. передачи) k_{cr} показывает отношение выходного сигнала элемента y к его входному сигналу x . Для потенциометрического ИП углового перемещения

$$k_{cr} = \frac{y}{\alpha_x} = \frac{U_{вых}}{\alpha_x}, \text{ В/град.} \quad (1)$$

где α_x — угловое перемещение движка, град.

2. Динамический коэффициент преобразования (чувствительность) $k_{дин}$ показывает отношение приращения выходного сигнала ($\Delta y, dy$) к приращению входного сигнала ($\Delta x, dx$). Для потенциометрического ИП углового перемещения

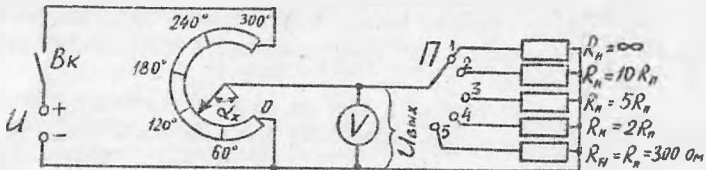
$$k_{дин} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta U_{вых}}{\Delta \alpha_x}, \text{ В/град.} \quad (2)$$

Если выходной сигнал y изменяется пропорционально входному сигналу x , то $k_{cr} = k_{дин}$.

Потенциометрические ИП широко распространены в технике в качестве эл. датчиков мех. перемещений, имеют следующие преимущества: простота, надежность в работе, возможность работы с большими токами и получения заданного закона изменения $U_{вых}$ за счет конфигурации каркаса. Недостатки: трение из-за скользящего контакта, значительные усилия на его перемещение, ступенчатое изменение сопротивления проволочных потенциометров.

Последовательность выполнения работ

1. Изучить общие сведения и ознакомиться с устройством стенда.
2. Собрать схему:



3. Снять характеристики (1), (2) при сопротивлениях нагрузки $R_n = \infty$, $R_n = 5R_n$; $R_n = R_n = 300$ ом. Результаты измерений и вычислений внести в таблицу I:

таблица I

	α_x , град.	0	60	120	180	240	300	
$R_n = \infty$	$U_{внх}$, В							измерено
	$K_{ст}$, В/град							
	$K_{дин}$, В/град							
$R_n = 5R_n$	α_x , град.	0	60	120	180	240	300	измерено
	$U_{внх}$, В							вычислено
	$K_{ст}$, В/град							
$R_n = R_n = 300$ ом	α_x , град.	0	60	120	180	240	300	измерено
	$U_{внх}$, В							вычислено
	$K_{ст}$, В/град							
	$K_{дин}$, В/град							

4. Построить графики снятых характеристик. 5. Оформить отчет. Отчет должен содержать схему, таблицу, графики, анализ и выводы.

Контрольные вопросы:

1. Назначение и принцип действия потенциометрических ИП.
2. Как и на что влияет величина сопротивления нагрузки R_n ?
3. Каким образом можно уменьшить влияние "ступенчатости" проволочных потенциометров?
4. В каких случаях применяют потенциометры с нелинейными характеристиками?
5. Приведите примеры применения потенциометрических ИП при автоматизации строительных машин.

Литература:

1. Богданов К. Л., Зеленев И. Б. Основы автоматизации работы строительных машин. М., Стройиздат, 1976.
2. Основы автоматизации транспортного строительства. Под ред. Исаева А. С. М., "Транспорт", 1978.
3. Чеквакин А. Н. и др. Основы автоматики. Учеб. пособие для техникумов. М., "Энергия", 1977.

Лабораторная работа № 17

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ

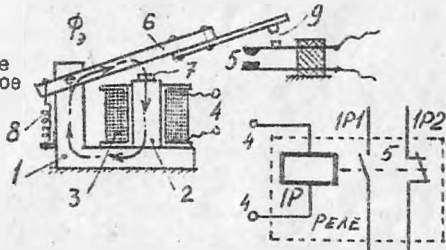
Цель работы - изучить конструкцию, принцип действия электромагнитных реле постоянного тока, снять их основные характеристики. Работа выполняется за 2 часа. На подключение эл. питания требуется получить разрешение преподавателя.

Общие сведения

Реле (от фр. *Relayer* - сменить, заменять) - элемент автоматических устройств, который при воздействии на него внешних физических факторов скачкообразно изменяет свое состояние и принимает конечное число значений выходной величины. По конструкции и принципу действия чрезвычайно разнообразны. При автоматизации строительных машин используют реле постоянного тока, с питанием от бортовой сети (аккумуляторов). Эл. магнитное реле постоянного тока нейтральное с поворотным якорем показано на рис. 1. При пропускании по катушке (обмотке) постоянного тока стальной якорь притягивается к сердечнику магнитным потоком Φ . При отсутствии тока якорь возвращается в исходное положение с помощью возвратной пружины. Нейтральным реле называют потому, что оно одинаково реагирует на постоянный ток любого направления в его обмотке.

Рис. 1. Электромагнитное реле постоянного тока нейтральное

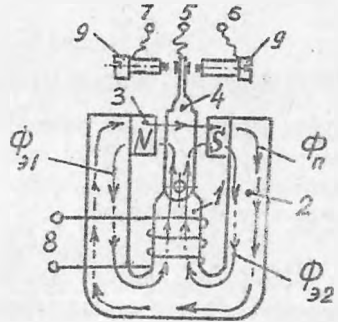
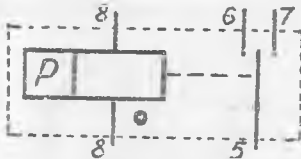
1-магнитопровод; 2-сердечник; 3-катушка; 4-управляющие контакты; 5-исполнительные контакты; 6-якорь; 7-штифт "отлипания"; 8-возвратная пружина; 9-верхний и нижний штифты.



Поляризованное реле (рис. 2), в отличие от нейтрального, имеет постоянный магнит NS . Здесь действуют два независимых друг от друга магнитных потока: поляризующий Φ_n , создаваемый постоянным магнитом, и рабочий магнитный поток Φ_z , создаваемый током обмоток. Поток Φ_z , проходя через подвижный якорь, разветвляется на потоки Φ_{z1} и Φ_{z2} . Справа потоки Φ_n и Φ_{z2} складываются, а слева - вычитаются ($\Phi_n - \Phi_{z1}$), в результате якорь притянется вправо и замкнет контакты 5-6. При изменении тока в катушке направление магнитного потока Φ_z изменится, и якорь, перемещаясь влево, замкнет контакты 5-7. Поляризованное

Рис. 2. Поляризованное реле

1-катушка; 2-стальной сердечник; 3-постоянный магнит; 4-стальной подвижный якорь; 5, 6, 7-исполнительные контакты; 8-управляющие контакты; 9-регулирующие винты

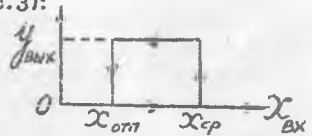


реле по сравнению с нейтральным обладает большей чувствительностью, меньшим временем срабатывания, реагирует не только на величину, но и на поляриность входного сигнала.

Основным свойством любого реле является скачкообразное изменение величин в исполнительной цепи (см. рис. 3):

Рис. 3. Релейная характеристика

Изменение входного параметра $x_{вх}$ на величину, меньшую $x_{ср}$, не вызывает появления выходного сигнала $y_{вых}$. Только при $x_{вх} > x_{ср}$ величина y меняется скачком, достигая постоянного значения $y_{вых}$. Дальнейший рост x не влияет на величину $y_{вых}$. При уменьшении x до величины $x_{отп}$ значение параметра y снова изменяется скачкообразно от $y_{вых}$ до нуля.



Основные параметры реле:

1, ток или напряжение срабатывания $I_{ср}$; $U_{ср}$ - минимальные значения в управляющей цепи, при которых исполнительные контакты реле переходят из исходного состояния в рабочее;

2, ток или напряжение отпускания $I_{отп}$; $U_{отп}$ - значения в управляющей цепи, при которых исполнительные контакты переходят из рабочего состояния в исходное;

3, коэффициент усиления реле по току $k_B = \frac{I_p}{I_{ср}}$, где I_p - рабочий ток через исполнительные контакты, обеспечивающий их надежную работу;

4, коэффициент возврата $k'_B = \frac{I_{отп}}{I_{ср}} = 0,1 \dots 0,99$. Чем больше k'_B , тем выше качество реле;

5, время срабатывания t_c - интервал времени от момента подачи управляющего сигнала на обмотку реле до момента воздействия контактов реле на управляемую цепь (исполнительную).

Лабораторная установка представляет собой стенд со смонтированными эл. магнитными реле, вольтметрами, миллиамперметрами и др.

Последовательность выполнения работ

1. Изучить общие сведения, ознакомиться с устройством реле.

2. Собрать эл. схему и определить основные параметры нейтрального реле (рис. 4); заготовить таблицу I:

№ п/п	Тип реле	Измерено					Вычислено	
		из исходного состояния в рабочее		из рабочего состояния в исходное			$K_3 = \frac{I_p}{I_{cp}}$	$K_2 = \frac{I_{отн}}{I_{cp}}$
		I_{cp}, mA	U_{cp}, B	I_p, A	$I_{отн}, mA$	$U_{отн}, B$		

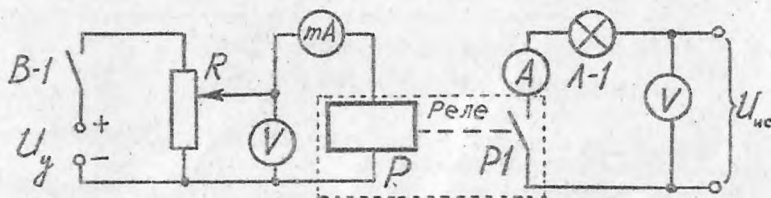


Рис. 4. Эл. схема цепи с нейтральным реле

Установить движок реостата R в крайнее левое положение; включить эл. питание тумблером В-1. Медленно и плавно перемещая движок по часовой стрелке, следить за изменением показаний вольтметра, миллиамперметра и зафиксировать их показания I_{cp} , U_{cp} в момент срабатывания реле, о чем сигнализирует вспыхнувшая лампочка Л-1. Продолжая перемещение движка реостата вправо, довести напряжение U_p до его номинального значения $U_{нр}$ (взять из паспорта реле). Затем, перемещая движок в обратном направлении, добиться отпущения реле и зафиксировать соответствующие этому моменту значения тока $I_{отн}$ и напряжения $U_{отн}$. Опыты повторить, заполнить таблицу I, вычислить средние арифметические значения параметров.

3. Собрать схему и определить основные параметры поляризованного реле (см. рис. 5):

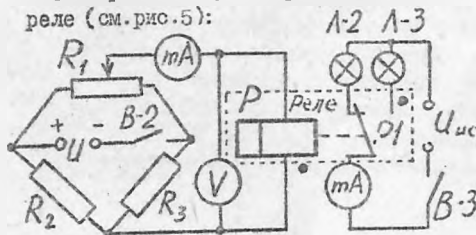


Рис. 5. Эл. схема цепи с поляризованным реле

Порядок выполнения опытов аналогичен вышеуказанному. При заполнении таблицы I необходимо учитывать знаки величин (плюс; минус).

4. Оформить отчет. Отчет должен содержать эл. схемы (рис. 4 и 5), заполненную

таблицу, сравнительный анализ, ответы на контрольные вопросы (письм.).

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается различие между нейтральным и поляризованным реле?
2. Чем достигается большая чувствительность и для чего нужны винты 9 (см. рис. 2) ?
3. Почему $\alpha_{отп} < \alpha_{ср}$ (см. рис. 3) ?
4. Покажите замыкающие (нормально разомкнутые), размыкающие (нормально замкнутые) и переключающие контакты реле на эл. схемах и на имеющихся натуральных образцах реле.
5. Приведите эл. схему какого-либо автоматического устройства из области строительной техники с применением реле.

Литература:

1. Богданов К. Л., Зеленев И. Б. Основы автоматизации работы строительных машин. М., Стройиздат, 1976.
2. Чекваскин А. Н. и др. Основы автоматики. М., "Энергия", 1977.

Лабораторная работа № 18

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ УЧЕТ РАБОТЫ СКРЕПЕРА

Цель работы - изучить принцип действия системы автоматического учета работы скрепера (работомера).

Работа выполняется за 2 часа. На подключение эл. питания требуется получить разрешение преподавателя.

Общие сведения

Учет работы машины позволяет улучшить их использование, оплатить труд машинистов в соответствии с фактически выполненной работой. Гравильно планировать проведение технического обслуживания и ремонтов. Однако контроль показателей работы машины (их производительности, дальности перемещения грунта, грузов, времени наработки на отказ, моточасов и т. д.) сложен, трудоемок (требуются учетчики, диспетчеры) и не всегда объективен. Необходимо шире применять средства (различные работомеры) для автоматизированного учета фактической производительности, фактического времени работы машины.

Приведенная ниже система автоматического учета работы скрепера позволяет учитывать число полногрузных рейсов и дальность перевозки грунта (рис. 1). При наполнении ковша грунтом замыкаются контакты измерительного преобразователя (датчика) Д0 и светит лампочка ЛС-1. Если вес грунта соответствует заданному, то замыкаются контакты датчика ДВ, загорается ЛС-2. Получает питание реле Р1, которое своим контактом 1Р1 ставит себя на самопитание, а контактом 2Р1 подает питание катушке электроспидометра ЭС. Контакты датчика электроспидометра ДЭС

непрерывно (при вращающемся ведущем колесе) подает импульсы, в результате чего ЭС отсчитывает пройденный грузным скрепером путь в м.

- 1- датчик "объема" ДВ;
- 2- датчик "веса" ДВ;
- 3- гидроцилиндр выдвижения задней стенки;
- 4- датчик давления задней стенки ДДЭС;
- 5- концевой датчик КВ;
- 6- датчик эл. спидометра ДЭС;
- 7- счетчик эл. спидометра;
- 8- указатель рейсов

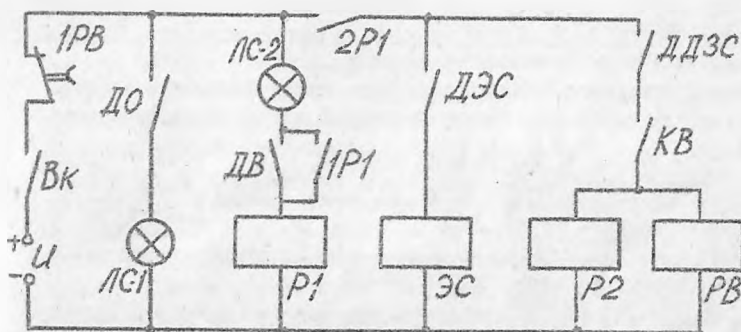
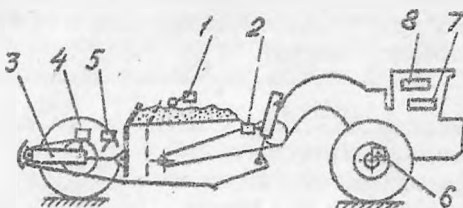


Рис.1. Система автоматического учета работы скрепера а-конструктивная схема скрепера; б - принципиальная

При отсыпке (разгрузке) скреперист начинает выдвигать заднюю стенку посредством гидроцилиндра 3, что сопровождается повышением давления в его датчике давления ДДЭС, который замыкает свои контакты. В конце хода гидроцилиндра 3 замыкается его концевой датчик КВ, срабатывает реле счетчика рейсов Р2; рейс засчитан. По истечении 3...5 секунд реле времени РВ своим контактом 1РВ отключит эл. питание всей схемы. Таким образом, фиксация очередного рейса возможна лишь при последовательном срабатывании датчиков веса, задней стенки и ЭС. Это исключает ложные и преднамеренные срабатывания.

Лабораторная установка представляет собой стенд, содержащий макет скрепера и действующую принципиальную эл. схему. Действие датчиков имитируют соответствующие тумблеры.

Последовательность выполнения работ

1. Изучить общие сведения, устройство и принцип действия станда.
2. Получить разрешение преподавателя на включение станда, выполнить пробный "рейс" (наполнение, транспортировку, отсыпку, обратный ход).
3. Заготовить таблицу:

таблица

№	Показатели работы	Рейс № 1	Рейс № 2	Рейс № 3
1	Дальность перевозки грунта, L , м			
2	Средняя дальность перевозки, $L_{ср}$, м			
3	Продолжительность работы, t , ч			
4	Общее количество перевезенного грунта, Q , м ³			
5	Производительность $\Pi = \frac{Q}{t}$, м ³ /ч			

4. Выполнить 2-3 рейса, заполнить таблицу.
5. Оформить отчет. Отчет должен содержать конструктивную и принципиальную эл. схему, заполненную таблицу и ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какие задачи решает приведенная схема рабочего цикла?
2. Как устроены измерительные преобразователи (датчики)?
3. Зачем нужен датчик объема ДО?
4. Зачем нужен контакт IPI?
5. Какой элемент обеспечивает начало отсчета дальности перевозки?
6. Как устроен и действует счетчик рейсов?
7. Зачем нужно реле времени РВ?
8. Что произойдет в схеме, если скреперист захочет засчитать незаработанные рейсы многократными выдвиганиями задней стенки ковша?
9. Если Вы захотите установить на скрепере самописцы для записи показателей, указанных в таблице, то к каким точкам схемы их подключите?
10. Какие усовершенствования следует внести в работу схемы?

Литература:

1. Богданов К.Л., Зеленев И.Б. Основы автоматизации работы строительных машин. М., Стройиздат, 1976.

Лабораторная работа № 19

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ОГРАНИЧИТЕЛЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ КРАНА

Цель работы - изучить устройство и принцип действия ограничителя грузоподъемности крана; проверить работу ограничителя при работе с допустимыми и недопустимыми грузами.

Работа выполняется за 4 часа. На подключение эл. питания к станду требуется получить разрешение преподавателя.

Общие сведения

Ограничители грузоподъемности (ОГП) устанавливаются на краны с целью предупреждения и автоматического выключения механизмов кранов при работе с недопустимыми грузами. Ограничитель монтируют на кране и включают в эл. схему так, чтобы при достижении опасной нагрузки исключались опасные движения крана и подавались соответствующие сигналы.

ОГП состоит из датчика усилий ДУС, датчика угла ДУГ, релейного блока БР и панели сигнализации ПС.

Работа ОГП основана на принципе сравнения усилия, измеряемого датчиком ДУС, с предельно допустимой величиной усилия, задаваемой датчиком угла ДУГ. Измеряемое и допустимое усилия преобразуются датчиками в эл. сигналы (напряжения) и сравниваются при помощи поляризованного реле, включенного в измерительную диагональ моста, составленного из потенциометрических датчиков ДУС и ДУГ. Для изменения пределов уравнивания моста (настройки срабатывания ОГП при разном рабочем оборудовании, с выносными опорами или без них), последовательно с ДУГ включены регулируемые сопротивления.

Датчик усилий ДУС состоит из упругого кольца, деформация которого пропорциональна величине действующего на него усилия; потенциометрического преобразователя, преобразующего деформацию кольца в пропорциональную величину электрического сигнала; вспомогательных деталей. Зависимость величины электросигнала от усилия линейная. Конструкцией датчика предусмотрена возможность установки колец на нагрузки 2,5; 5,0; 10,0 кН при одинаковой деформации, равной 2 мм. Механизм датчика заключен в корпус брызгонепроницаемого исполнения.

Датчик угла ДУГ преобразует угол подъема стрелы в эл. сигнал, соответствующий предельно допустимой величине груза для данного вала. Зависимость эл. сигнала от угла поворота фланца задается профилем кулачка, установленного в датчике. Датчик заключен в корпус брызгонепроницаемого исполнения. Начало рабочего диапазона (нуль) обозначено рисками на фланце и корпусе датчика.

Релейный блок БР заключен в металлический корпус пыленепроницаемого исполнения, на внешней стороне которого находятся тумблер, переключатель характеристики крана и предохранитель. Внутри корпуса размещены релейная панель, скоба с подстроечными сопротивлениями. Соединение БР с ДУС, ДУГ, панелью сигнализации и исполнительными устройствами крана осуществляется при помощи штепсельных разъемов.

Панель сигнализации ПС является индикаторным устройством, позволяющим наблюдать по прибору степень загрузки крана и исполнитель-

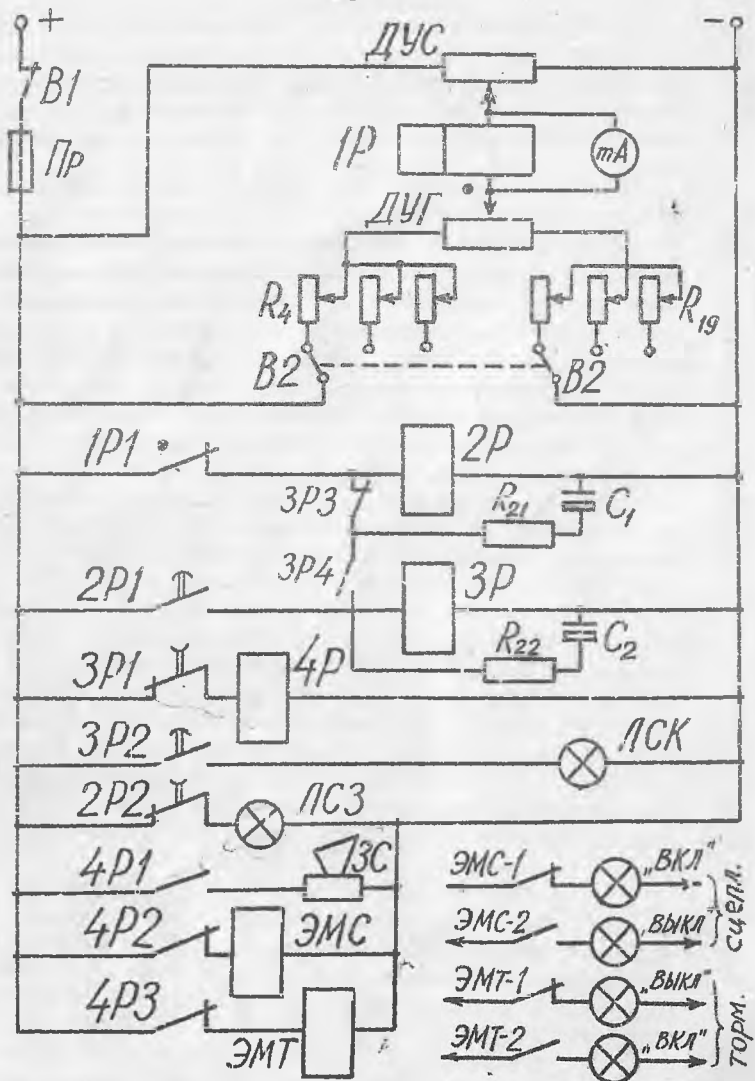


Рис. I. Принципиальная эл. схема ОП (контакты показаны в состоянии работы с допустимым грузом)

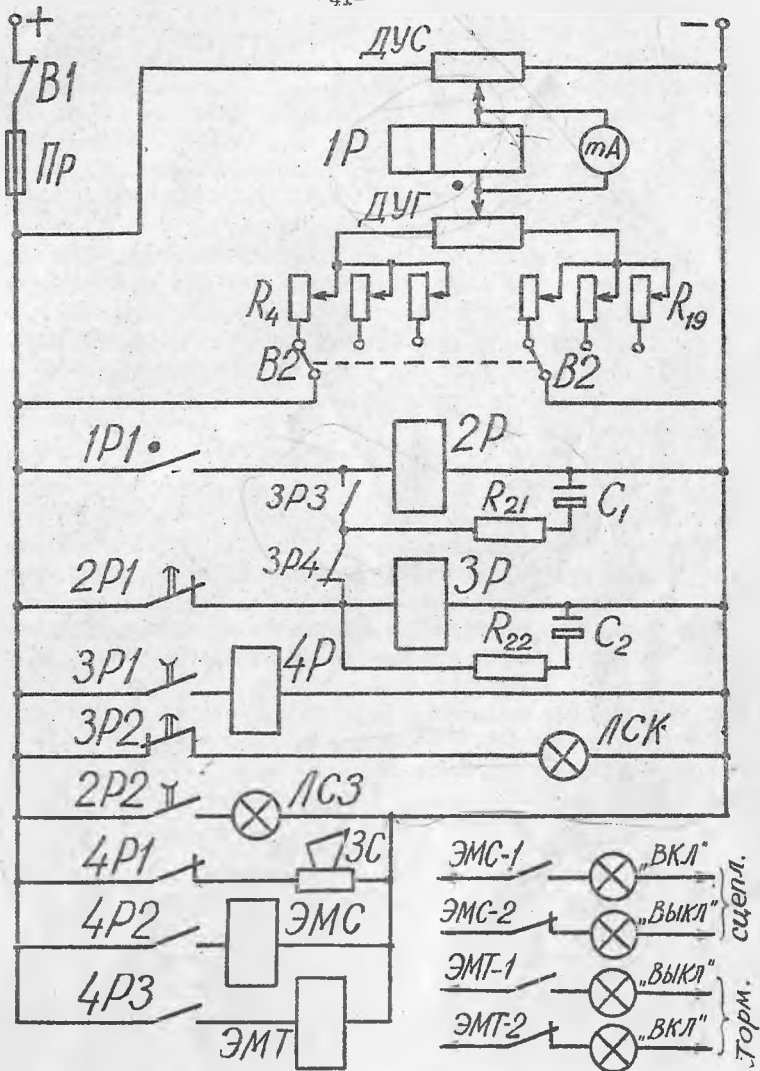


Рис.2. Принципиальная эл.схема ОП (контакты показаны в состоянии работы с недопустимым грузом)

ные устройства во включенном и выключенном состояниях (по сигнальным лампам).

Принципиальная электрическая схема ОПИ приведена на рис. I.

Включение питания производится тумблером В1. В диагональ моста включен измеритель -реле IP (поляризованное). Для визуального наблюдения параллельно реле подключен миллиамперметр, измеряющий величину рассогласования моста, пропорциональную степени загрузки крана. Изменение характеристик, по которым должен срабатывать ОПИ, достигается последовательным включением с потенциометром ДУТ подстроечных сопротивлений $R_4 - R_6$ с помощью переключателя В2.

Для получения задержки времени на отключение и включение исполнительного реле 4Р в схему включены два реле задержки времени 2Р и 3Р. Они защищают ОПИ и исполнительные механизмы крана от ложных срабатываний при кратковременных динамических (неопасных) перегрузках крана. Задержка времени достигается шунтированием обмоток 2Р и 3Р емкостями С1 и С2 и сопротивлениями R21, R22 с помощью переключаемых контактов.

При работе крана с допустимым для данного вылета грузом сигнал от датчика ДУС меньше, чем от ДУГ, и мост неуравновешен. По обмотке реле IP протекает достаточный для его срабатывания ток, его контакт IP1 замкнут. Стрелка миллиамперметра отклонена в правую часть шкалы и показывает степень загрузки крана. Реле 2Р включено, его контакт 2Р1 разомкнут, а контакт 2Р2 замкнут, поэтому реле 3Р обесточено, а зеленая лампа ЛСЗ горит, указывая на то, что перегрузки крана нет. При выключенном реле 3Р его контакт 3Р1 замкнут, а контакт 3Р2 разомкнут, поэтому промежуточное реле 4Р включено, а красная сигнальная лампа ЛСК отключена. Когда реле 4Р включено, его контакт 4Р1 разомкнут, а контакты 4Р2, 4Р3 замкнуты, цепи управления механизмами крана не разорваны (механизм сцепления включен электромагнитом ЭМС, тормоз выключен электромагнитом ЭМТ, звуковой сигнал ЭС отключен).

При работе крана с предельным грузом эл. сигнал от ДУС становится равным сигналу от ДУГ и мост уравнивается. Ток в обмотке реле IP становится равным нулю, его контакт IP1 размыкается, а обмотка реле 2Р обесточивается. При этом с некоторой выдержкой времени замыкается контакт 2Р1 и размыкается контакт 2Р2. Реле 3Р включается, а зеленая лампа ЛСЗ отключается. При включенном реле 3Р его контакт 3Р1 разомкнут, а контакт 3Р2 замкнут, поэтому реле 4Р обесточено, а красная сигнальная лампа ЛСК горит.

Когда промежуточное реле 4Р обесточено, его контакт 4Р1 замкнут, а контакты 4Р2 и 4Р3 разомкнуты, то цепи управления механизма крана размыкаются (электромагнит ЭМС выключит муфту сцепления, а электромагнит ЭМГ включит тормоз) и включается звуковой сигнал ЗС; работа крана автоматически прекращается.

Если кран поднимает груз, превышающий допустимый, то сигнал от ДУС вначале станет равным сигналу от датчика ДУГ, а затем превысит его. Обмотка реле IP обесточится (при этом контакт IP1 разомкнется и ограничитель сработает), а затем направление тона в ней изменится на противоположное. При этом контакт IP1 будет оставаться разомкнутым, так как реле IP поляризованное.

Если уменьшить сигнал от ДУС (например, опустив груз на опору) или увеличить сигнал от ДУГ (например, подняв стрелу), т.е. добиться такого положения, когда сигнал от ДУС станет меньше сигнала от ДУГ, то реле IP вновь замкнет свой контакт IP1, а цепи управления (с некоторой выдержкой по времени) будут восстановлены. Реле ЗР с выдержкой времени замкнет свой контакт ЗР1, чем включит реле 4Р, которое соединит цепи управления с исполнительными механизмами крана. Одновременно погаснет красная лампа, выключится аварийный звуковой сигнал и включится зеленая лампа.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка смонтирована на двух щитах. На первом щите установлена модель автомобильного крана. Датчик усилия ДУС включен в ветвь стрелового каната модели, датчик угла ДУГ связан с величиной угла поворота стрелы, т.е. с вылетом. При подвешивании недопустимых грузов (гирь) кран опрокидывается относительно ребра опрокидывания (шарнира). На втором щите смонтированы натурные образцы ДУС, ДУГ, релейный блок БР, панель сигнализации ПС с миллиамперметром, сигнальными лампами, звонком, а также световое табло, имитирующая работу механизмов сцепления и тормоза.

Последовательность выполнения работ

1. Изучить устройство и принцип действия ОП, назначение и работу всех элементов эл. схемы при разных режимах нагружения крана.

2. Заготовьте таблицу:

№	Вылет, см	Величина груза, при которой ограничитель сработает, Q, Н	Номинальная грузоподъемность Q _н , Н
	L		

3. Проверить работу ограничителя при подъеме грузов на разных вылетах и режимах нагружения. Получив разрешение преподавателя, следует установить переключатель В2 в соответствующее положение, выключить питание тумблером В1. Постепенно увеличивая нагрузку на крюке посредством сменных гирь, наблюдать за стрелкой миллиамперметра, сигнальными лампами и звуковым сигналом, вплоть до срабатывания ограничителя и отключения модели крана. Опыты провести для трех-четырех вылетов; заполнить таблицу.

4. По данным таблицы построить график $Q = f(L)$. Нанести на графике номинальную грузоподъемность крана Q_n (на 10% меньше той, при которой ограничитель срабатывает). Проанализировать полученные данные, сделать выводы.

5. Составить отчет. Отчет должен содержать название, цель работы, эскиз модели крана с установленными датчиками ДУС и ДУТ, принципиальную эл. схему ОП, таблицу, графики, письменные ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Каково назначение ОП, в чем его преимущества?
2. Как устроены датчики ДУС и ДУТ? Зачем нужен кулачок в ДУТ?
3. Где и как смонтированы ДУС и ДУТ на кране, с чем соединены?
4. Зачем нужна выдержка времени при срабатывании реле 2Р и 3Р, и чем она достигается?
5. Зачем нужны сопротивления $R_4 - R_{19}$?
6. Будет ли продолжаться подъем груза при выключенных ЛСК и ЭС?
7. Найдите и устраните неисправность ОП (задается преподавателем).
8. Укажите недостатки данной конструкции ОП.

Литература:

1. Зайцев Л. В., Полосин М. Д. Автомобильные краны. М., ВШ, 1978, с. 169-179.
2. Тех. паспорт ограничителя ОП-1. Кишинев, изд. "Тимпул", 1978.

Лабораторная работа № 20

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГЛУБИНЫ КОПАНИЯ ТРАНШЕЙНОГО ЭКСКАВАТОРА

Цель работы - изучить устройство, рабочий процесс, исследовать систему автоматического регулирования глубины копания траншекопателя. Работа выполняется за 2 часа. На включение установки требуется получить разрешение преподавателя.

Общие сведения

В процессе рытья траншей и каналов необходимо строго выдерживать глубину копания, с целью обеспечения работоспособности трубопроводов, дренажных устройств и гидротехнических систем. Машинист должен удерживать экскаватор в створе заданной трассы, непрерывно следить за положением рабочего органа РО, регулировать глубину копания; в результате он быстро утомляется, производительность и качество работы снижаются. Необходимо автоматизировать процесс выдерживания экскаватором заданного (проектного) продольного уклона дна траншеи. Наиболее удачной является лазерная система автоматического регулирования (ЛСАР), включающая лазерный излучатель I, фоточувствительную головку 2 (ГФЧ) и исполнительную электрогидравлическую систему экскаватора (рис. I). Последняя включает в себя электрогидрозолотник 4, гидроусилитель 9, гидроцилиндры IO и роторный или цепной рабочий орган II (РО), с закрепленной на нем ГФЧ.

Принцип действия ЛСАР заключается в следующем. Лазерный излучатель I, установленный на расстоянии до 500 м от экскаватора, формирует в пространстве луч, параллельный дну намечаемой траншеи. ГФЧ с помощью трех фотодиодов и усилителей преобразует лазерное излучение в эл. сигналы, по которым блок выработки команд 3 (БВК) формирует команды, управляющие электрогидрозолотником 4. Если центральный фотодиод находится в плоскости лазерного излучения, то положение РО соответствует заданной глубине копания. В этом случае БВК формирует сигнал "норма", при котором электромагниты золотника обесточены и гидроцилиндры находятся в запертом положении. При отклонении РО от заданной глубины копания ГФЧ смещается и луч попадает в верхний или в нижний фотодиод. В этом случае БВК формирует команду "вниз" или "вверх" и открывает соответственно верхний или нижний ключ 5, который замыкает цепь соответствующего электромагнита. Под действием магнитного поля, создаваемого ал. током в обмотке электромагнита, происходит смещение плунжера золотника, в результате чего рабочая жидкость поступает от насоса в гидроцилиндры IO. Последние перемещают РО вместе с ГФЧ в сторону, противоположную первоначально возникшему смещению. Центральный фотодиод снова входит в плоскость излучения, БВК формирует сигнал "норма" и закрывает ключ. Электромагнит обесточивается и плунжеры вначале золотника, а затем гидроусилителя 9 под действием пружин возвращаются в нейтральное положение, при котором поступление рабочей жидкости в гидроцилиндры прекращается и они устанавливаются в положение "заперто".

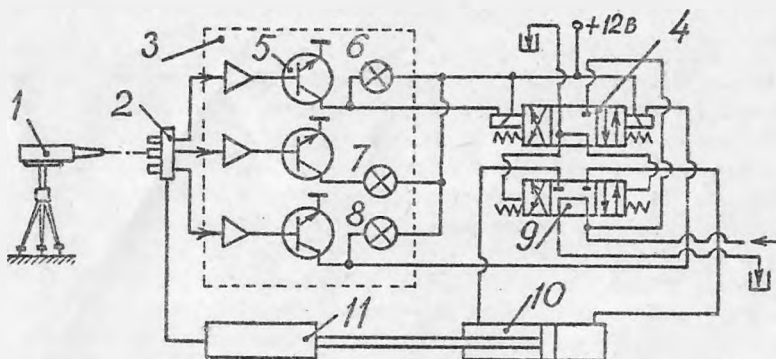


Рис.1. Функциональная схема ЛСАР

1 - лазерный излучатель; 2 - фотоувствительная головка; 3 - блок выработки команд; 4 - эл. гидрозолотник; 5 - эл. ключи; 6, 7, 8 - сигнальные лампы; 9 - гидросистема; 10 - гидроцилиндры; 11 - рабочий орган.

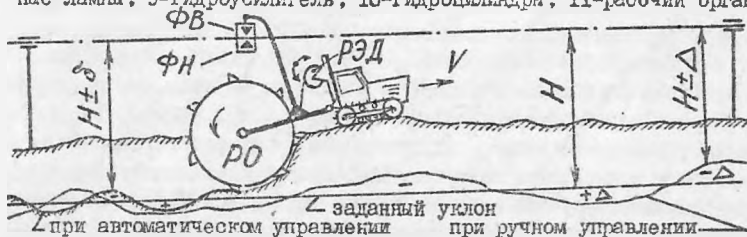


Рис.2. Схема лабораторной установки

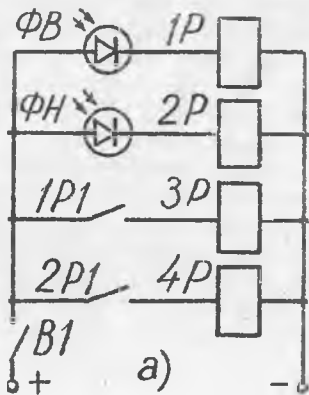
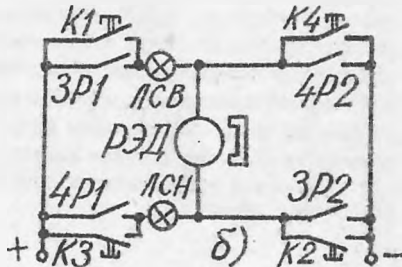


Рис.3. Эл.схема лабораторной установки

а - управляющая;
б - исполнительная



Более подробно изучить устройство и рабочий процесс ЛСАР можно по плакатам и фотографиям, имеющимся в лаборатории.

Применение ЛСАР экскаватора типа ЭТЦ-202А позволяет значительно упростить разбивку дренажной сети, в 3 раза снизить трудоемкость подготовительных работ, на 15-20% увеличить производительность, повысить точность и качество укладки дренажа, улучшить условия труда, производить работы круглосуточно. Отклонения уложенной дрены от проектного положения составляют: угловое не более $\pm 0,05\%$, местные до ± 2 см, с вероятностью 0,92.

Описание лабораторной установки

Установка (рис.2) представляет собой действующую модель траншекопателя, снабженную упрощенной системой автоматического регулирования глубины копания, имитирующей ЛСАР. Вместо лазерного луча используется узкий луч лампы дневного света.

Электросхема работает следующим образом (см.рис.3). Положение, когда луч "лазера" находится между фотодиодами ФВ (верх) и ФН (низ), соответствует заданной глубине копания H . В этом случае обмотка реверсивного электродвигателя РЭД обесточена и ЛСАР в работу экскаватора не вмешивается, обе сигнальные лампы ЛСВ и ЛСН не светят. При отклонении РО от заданной глубины копания ГФЧ смещается вместе с РО от луча, в результате луч попадает в верхний или в нижний фотодиод. Соответственно срабатывает реле 1Р или 2Р, их исполнительные контакты 1Р1 или 2Р1 включают более мощные реле 3Р или 4Р. Последние посредством своих исполнительных контактов 3Р1, 3Р2 или 4Р1, 4Р2 подают электропитание в обмотку РЭД. При этом светит лампа ЛСВ (верх) или ЛСН (низ). РЭД перемещает РО вместе с ГФЧ в сторону, противоположную первоначально возникшему смещению. Луч снова будет находиться между фотодиодами ФВ и ФН, что и требуется. Карандаш, закрепленный на зубе ковш, вычерчивает на листе бумаги фактическую глубину дна траншеи; на том же листе нанесена линия заданного уклона.

Последовательность выполнения работы

1. Изучить устройство и рабочий процесс ЛСАР натурального траншекопателя и лабораторной установки.

2. Получить разрешение преподавателя на включение лабораторной установки.

3. Выполнить проходы модели траншекопателя с записью траекторий при ручном $H \pm \Delta$ и автоматическом $H \pm \delta$ регулировании глубины копания. Ручное управление РО осуществляют кнопками К1-К2 и К3-К4.

4. Сравнить результаты опытов, сделать выводы о степени соответствия полученных величин заданным.

5. Оформить отчет. Отчет должен содержать схему лабораторной установки, ее эл. схему, результаты выполненных опытов, их анализ, выводы, ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные элементы ЛСАР, их назначение и принцип действия.
2. На что влияет расстояние между фотодиодами ФВ и ФН ?
3. В чем состоит сходство и различие ЛСАР натурального образца траншекопателя и модели ?
4. От чего зависит величина рассогласования $\pm \delta$ (ошибки) при работе ЛСАР ?
5. Перечислите преимущества ЛСАР.

Литература :

1. Вфремов А. Н. и др. ЛСАР глубины копания экскаватора-дреноукладчика ЭТЦ-202А. - Строительные и дорожные машины, 1981, № 4, с. 5-7.
2. Богданов К. Л., Зеленев И. Б. Основы автоматизации работы строительных машин. М., Стройиздат, 1976.