

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В. Г. Андруш, Т. П. Кот, О. В. Абметко

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В АПК. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов учреждений
высшего образования по группе специальностей «Агроинженерия»*

Минск
БГАТУ
2019

УДК 658.345(07)
ББК 65.246я7
А65

Рецензенты:
кафедра энергоэффективных технологий
Международного государственного
экологического института им. А. Д. Сахарова БГУ
(кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой *В. А. Пашинский*);
кандидат технических наук, доцент,
заместитель директора ГП «Институт энергетики
НАН Беларуси» *Н. Е. Шевчик*

Андруш, В. Г.
А65 Производственная безопасность в АПК. Лабораторный практикум :
учебное пособие / В. Г. Андруш, Т. П. Кот, О. В. Абметко. – Минск :
БГАТУ, 2019. – 308 с.
ISBN 978-985-519-972-5.

Учебное пособие, содержащее краткие теоретические сведения, описание устройства лабораторного оборудования и аппаратуры, методику измерения параметров производственной среды, методы оценки уровней опасности при эксплуатации машин и оборудования, позволяет закрепить знания, полученные на теоретических занятиях по дисциплине «Производственная безопасность».

Для студентов специальности 1-74 06 07 Управление охраной труда в сельском хозяйстве, слушателей учреждений дополнительного образования взрослых специальности 1-59 01 05 Охрана труда в сельском хозяйстве и специалистов служб охраны труда сельскохозяйственного профиля в качестве основного, а также для студентов учреждений высшего образования по группе специальностей «Агроинженерия» в качестве дополнительного учебного пособия; студентов технических и других специальностей, руководителей и специалистов предприятий.

УДК 658.345(07)
ББК 65.246я7

ISBN 978-985-519-972-5

© БГАТУ, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Лабораторное занятие № 1	
Анализ опасности поражения электрическим током	7
Лабораторное занятие № 2	
Исследование сопротивления человека на переменном токе.....	23
Лабораторное занятие № 3	
Исследование поражения электрическим током при работе с электроинструментом	33
Лабораторное занятие № 4	
Исследование тока, проходящего через тело человека при различных вариантах соприкосновения с токоведущими проводниками и заземленным оборудованием.....	44
Лабораторное занятие № 5	
Расчетная и экспериментальная проверка эффективности зануления.....	52
Лабораторное занятие № 6	
Исследование тока замыкания заземленного оборудования при замыкании фазы на его корпус	62
Лабораторное занятие № 7	
Исследование тока, проходящего через тело человека при соприкосновении с корпусом заземленного оборудования, находящегося под напряжением	66
Лабораторное занятие № 8	
Измерение удельного электрического сопротивления грунта	76
Лабораторное занятие № 9	
Исследование явления «шаговое напряжение» при замыкании фазы ЛЭП на землю.....	84
Лабораторное занятие № 10	
Испытание изоляции электроустановок.....	93
Лабораторное занятие № 11	
Устройства защитного отключения	100
Лабораторное занятие № 12	
Исследование средств защиты от поражения электрическим током в сельских электроустановках	117

Лабораторное занятие № 13	
Электрозашитные средства в электроустановках потребителей.....	125
Лабораторное занятие № 14	
Оценка соответствия технического состояния тракторов требованиям безопасности	149
Лабораторное занятие № 15	
Оценка безопасности конструкции и технического состояния самоходных сельскохозяйственных машин	161
Лабораторное занятие № 16	
Оценка соответствия конструкций навесных, полунавесных, полуприцепных, прицепных сельскохозяйственных машин требованиям безопасности	175
Лабораторное занятие № 17	
Оценка параметров рабочей среды в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.....	189
Лабораторное занятие № 18	
Исследование уровня шума в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.....	197
Лабораторное занятие № 19	
Оценка вибрации в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.....	212
Лабораторное занятие № 20	
Изучение эффективности методов очистки воздуха.....	225
Лабораторное занятие № 21	
Оценка работоспособности стальных канатов	244
Лабораторное занятие № 22	
Исследование аэроионного состава воздуха в производственных помещениях	259
Лабораторное занятие № 23	
Измерение напряженности электрических и магнитных полей.....	270
Лабораторное занятие № 24	
Измерение содержания загрязняющих веществ при контроле воздуха рабочей зоны и промышленных выбросов	286
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	296
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	301

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире уровень решения проблем производственной безопасности может служить достоверным критерием степени экономического развития государства, его стабильности и социально-нравственного состояния общества, поэтому создание безвредных условий труда на производстве является общегосударственной задачей.

Изучение и решение проблем, связанных с обеспечением здоровых и безопасных условий, в которых протекает трудовая деятельность человека, – одна из наиболее важных задач в повседневной жизни каждого предприятия, а также в процессе разработки новых технологий и систем производства. Комфортные и безопасные условия труда влияют на производительность труда, здоровье работников.

В сельском хозяйстве уровень травматизма является одним из самых высоких, что обуславливается особенностями трудового процесса отрасли:

- сезонностью работ, определяемой технологией возделывания культур и характеризующейся разной интенсивностью труда во все периоды года;

- многообразием выполняемых работ, требующих широкой гаммы сельскохозяйственной техники, а следовательно, и универсальных знаний;

- широким применением электрической энергии, обуславливающим необходимость знания работниками вопросов электробезопасности;

- выполнением многих видов работ вне помещений и в различных погодных условиях;

- наличием значительных производственных площадей и рассредоточением рабочей силы по различным участкам производства.

Причинами аварий и несчастных случаев нередко служат технические факторы – конструктивные недостатки или неисправность машин и механизмов, несовершенство технологических процессов, отсутствие либо выход из строя защитных средств и т. п.

Решение проблем безопасности требует активного участия всех членов общества, высокого гражданского самосознания, внутренней дисциплины.

Реализация этих принципов может быть достигнута только на основе организации обязательной системы непрерывного образования

и воспитания в области производственной безопасности. Важнейшей целью этого процесса является формирование у специалистов мышления, основанного на глубоком осознании основного принципа – безусловности приоритетов бесценности и безопасности человеческой жизни при решении любых производственных задач.

Особая роль в достижении этой цели отводится дисциплине «Производственная безопасность».

Лабораторный практикум служит методическим руководством для проведения лабораторных занятий. Описание каждого лабораторного занятия построено таким образом, что вначале студент знакомится с целью и задачами занятия, основными теоретическими положениями, а затем с устройством и принципом действия экспериментальных установок, приборов и оборудования, методикой и порядком выполнения экспериментальных исследований, оценивает полученные экспериментальные данные.

Лабораторное занятие № 1

АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Цель занятия: исследовать степень опасности поражения электрическим током в трехфазных сетях напряжением до 1 кВ; ознакомиться с факторами, влияющими на опасность поражения человека электрическим током; исследовать эффективность защитного заземления и зануления.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд для исследования с измерительными приборами.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания, уяснив особенности трехфазных сетей с различным режимом нейтрали по фактору опасности поражения электрическим током.

2. Подготовить схемы и таблицу для фиксации результатов измерений и расчетов.

3. Для рассмотренных ситуаций произвести расчеты токов, протекающих через тело человека, напряжений прикосновения и шага.

4. Произвести измерения и сопоставить их результаты с расчетными значениями, сделать выводы.

5. Оформить отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

1. Общие положения

Электрические установки, с которыми приходится иметь дело практически всем работающим на производстве, представляют потенциальную опасность. Опасность эксплуатации электроустановок состоит в том, что токоведущие проводники (или корпуса машин, оказавшиеся под напряжением в результате повреждения изоляции) не подают сигналов опасности, на которые реагирует человек. Реакция человека на электрический ток возникает лишь после прохождения тока через ткани.

Прходя через организм человека, электрический ток оказывает термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействия.

Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высокой температуры кровеносных сосудов, нервов, сердца и других органов, находящихся на пути тока, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока проявляется в разложении органических жидкостей, в т. ч. и крови, что сопровождается значительными нарушениями их физико-химического состава.

Механическое действие тока выражается в разрыве, расслоении и других повреждениях различных тканей организма, в т. ч. мышечной ткани, стенок кровеносных сосудов, сосудов легочной ткани и др.

Биологическое действие тока проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма, а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, протекающих в нормально действующем организме и связанных с его жизненными функциями.

Электрический ток, проходя через организм, раздражает живые ткани, вызывая в них ответную реакцию – возбуждение, являющееся одним из основных физиологических процессов. Например, если электрический ток проходит непосредственно через мышечную ткань, то возбуждение, обусловленное раздражающим действием тока, проявляется в виде непроизвольного сокращения мышц. Это так называемое *прямое*, или *непосредственное*, раздражающее действие тока на ткани, по которым он проходит.

Однако действие тока может быть не только прямым, но и *рефлекторным*, то есть осуществляться через центральную нервную систему. Ток может вызывать возбуждение и тех тканей, которые не находятся у него на пути. Проходя через тело человека, он вызывает раздражение рецепторов – особых клеток, имеющих в большом количестве во всех тканях организма и обладающих высокой чувствительностью к воздействию факторов внешней и внутренней среды. Центральная нервная система перерабатывает нервный импульс и передает его рабочим органам: мышцам, железам, сосудам, которые могут находиться вне зоны прохождения тока.

Различают два вида поражения электрическим током: *электрические травмы*, результатом которых являются внешние поражения тела – ожоги, электрические знаки, электрометаллизация кожи, механические повреждения, электроофтальмия, и *электрический удар*, связанный с поражением всего организма.

Электрический ожог возможен при прохождении через тело человека токов более 1 А. В тканях, по которым проходит ток, выделяется некоторое количество теплоты, пропорциональное приложенному напряжению и протекающему току. При нагреве тканей до температуры 60–70 °С происходит свертывание белков и возникает ожог. Такие ожоги проникают глубоко в ткани и могут привести к частичной или полной инвалидности. Возможны также ожоги электрической дугой, возникающей в электроустановках напряжением 35 кВ и выше между токоведущими частями электроустановки и телом человека при приближении на опасное расстояние, а также электрической дугой, возникающей в электроустановках до 1000 В между токоведущими частями и человеком, попадающим в зону действия этой дуги.

Электрические знаки возникают в местах контакта с токоведущими частями. Они представляют собой затвердевшую в виде мозоли кожу серого или желтовато-белого цвета. Края электрического знака резко очерчены белой или серой каймой. Электрические знаки безболезненны, но при глубоких поражениях больших участков тканей могут привести к нарушению функций пораженного органа.

Электрометаллизация кожи – проникновение под поверхность кожи частиц металла вследствие разбрызгивания и испарения под действием тока (например, при возникновении электрической дуги) или электролиза в местах соприкосновения с токоведущими частями электрооборудования. Со временем поврежденный участок кожи восстанавливается и болезненные явления исчезают.

Электроофтальмия – поражение глаз в результате воздействия ультрафиолетового излучения электрической дуги или ожогов.

Электрический удар наблюдается при воздействии малых токов и небольших напряжений до 1000 В. Ток действует на нервную систему и на мышцы, при этом может возникнуть паралич пораженных органов.

Экспериментальные исследования показали, что человек начинает ощущать раздражающее действие переменного тока промышленной частоты силой 0,6–1,6 мА и постоянного тока 5–7 мА. Эти токи не представляют серьезной опасности для деятельности организма человека, и т. к. при такой силе тока возможно самостоятельное освобождение человека от контакта с токоведущими частями, то допустимо его длительное протекание через тело человека.

В тех случаях, когда раздражающее действие тока становится настолько сильным, что человек не в состоянии освободиться от контакта, возникает опасность длительного протекания тока через тело человека. Длительное воздействие таких токов может привести к затруднению и нарушению дыхания.

Для переменного тока промышленной частоты сила неотпускающего тока находится в пределах 6–20 мА и более. Постоянный ток не вызывает неотпускающего эффекта, но приводит к сильным болевым ощущениям, возникающим при прохождении тока 15–80 мА и более.

При протекании тока в несколько сотых долей ампера возникает опасность нарушения работы сердца. Может возникнуть фибрилляция сердца, то есть беспорядочные, некоординированные сокращения волокон сердечной мышцы, при этом сердце не в состоянии гнать кровь по сосудам, в связи с чем происходит остановка кровообращения. Фибрилляция длится, как правило, несколько минут, после чего происходит энергетическое истощение сердечной мышцы и полная остановка сердца. Как показывают экспериментальные исследования, пороговые фибрилляционные токи зависят от массы организма, длительности протекания тока и его пути. Верхний предел фибрилляционного тока – 5 А. Ток больше 5 А (как переменный, так и постоянный) вызывает немедленную остановку сердца, минуя состояние фибрилляции.

Кроме величины протекающего через тело человека тока в исходе поражения большое значение имеет путь тока. Поражение будет более тяжелым, если на пути тока окажутся сердце, легкие, головной и спинной мозг.

В практике обслуживания электроустановок ток, протекающий через тело человека, попавшего под напряжение, идет чаще всего по пути «рука–рука» или «рука–нога». Возможных путей протекания тока в теле человека (петель тока) достаточно много, причем наибольшую опасность представляют петли, проходящие через область сердца. При протекании тока по пути «нога–нога» через сердце проходит 0,4 % общего тока, по пути «рука–рука» – 3,3 %, «левая рука–ноги» – 3,7 %, «правая рука–ноги» – 6,7 %, «голова–ноги» – 6,8 %, «голова–руки» – 7 %.

Сила неотпускающего тока по пути «рука–рука» приблизительно в два раза меньше, чем по пути «рука–нога».

Ток, протекающий через тело человека, попавшего под напряжения, зависит в первую очередь от величины приложенного напряжения и длительности его воздействия. С увеличением напряжения

и длительности его воздействия сопротивление тела человека уменьшается, что приводит к увеличению протекающего тока.

Основным сопротивлением в цепи тока через тело человека является верхний роговой слой кожи, толщина которого составляет 0,05–0,20 мм. Сопротивление внутренних тканей не превышает 800–1000 Ом.

Зависимость сопротивления тела человека от величины приложенного напряжения и величины протекающего тока приведена в табл. 1.

Таблица 1.1

Зависимость сопротивления тела человека от величины приложенного напряжения и величины протекающего тока

Показатели	Сопротивление тела человека, кОм					
	6,0	3,0	1,15	1,065	1,0	0,7
Приложенное напряжение, В	6,0	18	75	80	100	175
Ток, проходящий через человека, мА	1,0	6,0	65	75	100	250

Сопротивление тела человека изменяется в широких пределах в зависимости от состояния кожи (сухая, влажная, чистая, поврежденная и т. п.), плотности и площади контакта, времени воздействия тока и др.

Реальное сопротивление тела человека может быть от 1 до 100 кОм. Для расчетов по электробезопасности принимают величину, равную 1000 Ом.

На опасность поражения электрическим током влияют индивидуальные особенности людей. Ток, вызывающий лишь слабые ощущения у одного человека, может быть неотпускающим для другого в зависимости от состояния нервной системы, массы тела, физического развития, пола и всего организма в целом.

Установлено, что для женщин пороговые значения тока приблизительно в 1,5 раза ниже. У одного и того же человека пороговые значения тока изменяются в зависимости от состояния организма, нервной системы, утомления и т. п.

Опасность поражения электрическим током зависит также от частоты тока. Переменный ток частотой 50 Гц является самым неблагоприятным. Установлено, что сила фибрилляционного тока при 400 Гц примерно в 3,5 раза больше, чем при частоте 50 Гц, поэтому повышение частоты тока применяют как одну из мер повышения электробезопасности.

Статистика электротравматизма показывает, что до 85 % смертельных поражений людей электрическим током происходит в результате прикосновения пострадавшего непосредственно к токоведущим частям, находящимся под напряжением. При этом в сетях с номинальным напряжением до 1 кВ величина тока, протекающего через человека, а следовательно, и опасность поражения зависят от условий включения человека в электрическую цепь и характеристики сети (режима нейтрали).

2. Факторы опасности поражения электрическим током

Тяжесть поражения электрическим током зависит от ряда факторов и неодинакова в различных ситуациях. Известны, например, случаи гибели людей от слабых токов при напряжении 12 В и благополучного исхода при ударе напряжением 1000 В и более. Физически слабые, больные, утомленные люди, а также женщины хуже переносят действие электрического тока.

При устройстве и эксплуатации электроустановок, при проектировании способов и средств защиты от поражения электрическим током необходимо, чтобы *напряжение прикосновения* $U_{пр}$ (напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек) и величина тока I в аварийном режиме (работа неисправных электроустановок) не превышали значений, приведенных в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Предельно допустимое напряжение прикосновения и сила тока, не более

Род тока	Параметры	Продолжительность воздействия, с					
		0,1	0,3	0,5	0,7	1,0	свыше 1,0
Переменный (50 Гц)	$U_{пр}$, В	500	165	100	70	50	36
	I , мА						6
Постоянный	$U_{пр}$, В	500	350	250	230	200	40
	I , мА						15

Напряжение прикосновения $U_{пр}$, под которым оказывается человек, а значит, и величина тока I_q , проходящего через тело человека, зависят от ряда факторов:

- напряжения сети;
- схемы электросети и режима нейтрали источника питания;

- схемы включения человека в электрическую цепь;
- степени изоляции токоведущих частей от земли;
- емкости токоведущих частей относительно земли и др.

В зависимости от режима нейтрали источника тока и наличия нулевого провода различают четыре основные схемы 3-фазной сети (рис. 1.1).

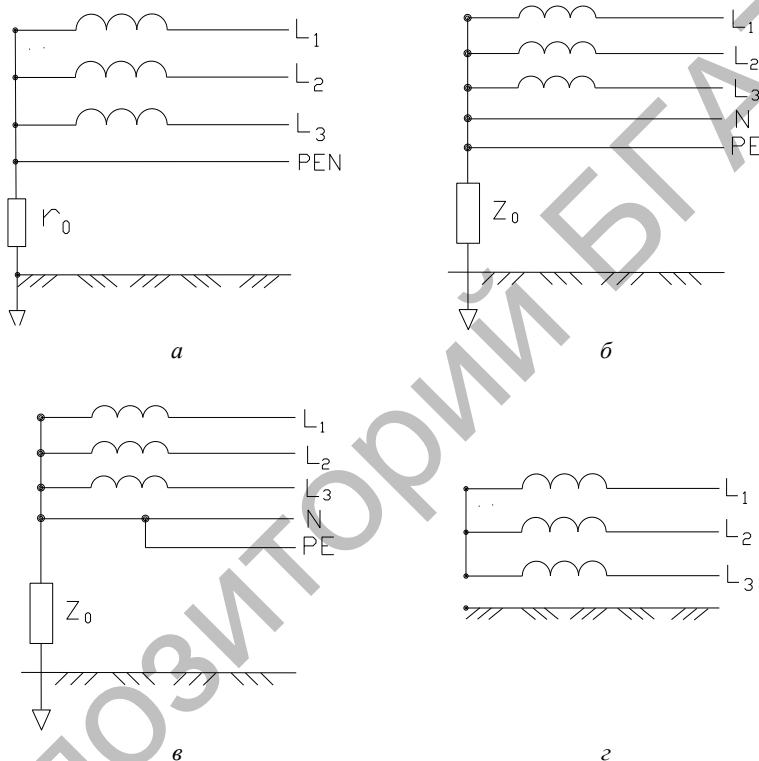


Рис. 1.1. Основные схемы трехфазной сети напряжением 400 В:
а – четырехпроводная с глухозаземленной нейтралью (подсистема *TN-C*);
б – пятипроводная с глухозаземленной нейтралью (подсистема *TN-S*);
в – четырех-пятипроводная с глухозаземленной нейтралью (подсистема *TN-C-S*);
г – трехпроводная с изолированной нейтралью (система *IT*)

Наибольшее распространение имеют электрические сети трехфазного тока с изолированной или глухозаземленной нейтралью источника тока (генератора, трансформатора). В настоящее время в сельском

хозяйстве применяют в основном трехфазные четырехпроводные сети с глухозаземленной нейтралью (системы $TN-C$, $TN-C-S$), обеспечивающие питание установок напряжением 380 и 220 В.

Схемы включения человека в электрическую цепь могут быть различными. Чаще других происходит однофазное включение человека в цепь между фазным проводом и землей и двухфазное – между двумя фазными проводами. При однофазном прикосновении ток, проходящий через тело человека, может быть с достаточной для практики точностью определен по формуле

$$I = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\text{п}} + R_0}, \quad (1.1)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение, В;

$R_{\text{ч}}$ – расчетное сопротивление тела человека (≈ 1000 Ом);

$R_{\text{об}}$ – сопротивление обуви, Ом;

$R_{\text{п}}$ – сопротивление пола, Ом;

R_0 – сопротивление глухозаземленной нейтрали, Ом.

Чем больше напряжение прикосновения и чем меньше сопротивление участков цепи замыкания, тем выше ток, проходящий через тело человека.

Если принять $U_{\phi} = 230$ В, $R_{\text{об}} = 0$, $R_{\text{п}} = 0$ (при контакте человека с землей), $R_0 = 10$ Ом, то сила проходящего через человека тока будет равна 0,218 А (218 мА), что значительно превышает смертельный ток (90–100 мА).

Если принять, что человек стоит на сухом деревянном полу ($R_{\text{п}} = 10^5$ Ом) в резиновой обуви ($R_{\text{об}} = 45 \cdot 10^3$ Ом), то сила тока будет равна 0,0015 А (1,5 мА). Такой ток не опасен.

При двухфазном включении напряжение прикосновения в 1,73 раза больше, чем при однофазном. Сопротивление пола, обуви в этом случае не влияет на ток, а его величина определяется выражением

$$I = \sqrt{3} \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}}}. \quad (1.2)$$

При $U_{\phi} = 230$ В и $R_{\text{ч}} = 1000$ Ом сила тока, проходящего через человека, составит 0,4 А (400 мА), что значительно больше, чем

при однофазном включении. Следовательно, двухфазное включение человека в электрическую цепь наиболее опасно.

При обрыве электрического провода, пробое изоляции на заземленный корпус машины и при другой прямой утечке электроэнергии в землю (например, от молниеотвода) человек может оказаться в зоне растекания тока в земле под напряжением, называемым *шаговым*.

В зоне контакта электрического проводника с землей потенциал земли ϕ наибольший, равный потенциалу проводника, а на расстоянии 20 м он уже практически равен нулю. При нахождении человека в зоне растекания тока его ноги могут оказаться разноудаленными от зоны контакта, в точках с разными потенциалами. Разница этих потенциалов и создает шаговое напряжение. Оно максимально вблизи зоны контакта и убывает при удалении от нее. На расстоянии 20 м и более шаговое напряжение также практически равно нулю. С увеличением ширины шага оно возрастает, поэтому выходить из зоны шагового напряжения надо короткими шагами или прыжками на одной ноге.

3. Моделирование ситуаций на стенде

На стенде приведены схемы трехфазной четырехпроводной сети с глухозаземленной нейтралью (рис. 1.2) и трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью (рис. 1.3).

Трехфазная четырехпроводная сеть (TN-C)

При нормальном режиме работы проводимость фазных и нулевого провода относительно земли имеет малые значения и с некоторым допущением может приравниваться к нулю (рис. 1.2). В этом случае выражения для определения напряжения прикосновения и тока через тело человека при прикосновении его к сети значительно упрощаются.

Ниже рассматриваются возможные ситуации (рис. 1.2).

Ситуация 1. Человек, стоящий на земле, прикасается к фазному проводу. Путь тока – «рука–ноги». В этом случае:

$$U_{\text{пр}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}} + R_0} R_{\text{ч}}; \quad (1.3)$$

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + R_0}, \quad (1.4)$$

где $U_{\text{пр}}$ – напряжения прикосновения, В;

$U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение, В;

$R_{\text{ч}}$ – сопротивление тела человека, Ом;

R_0 – сопротивление заземления нейтрали источника питания.

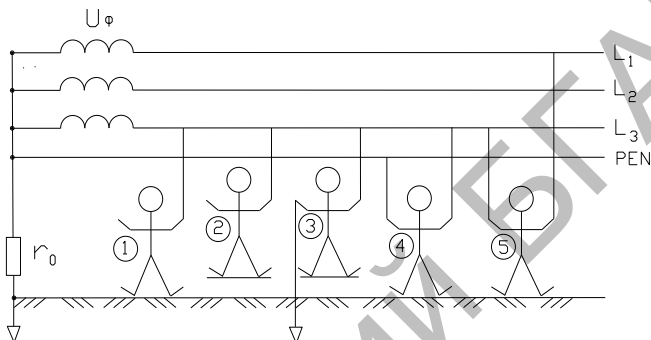


Рис. 1.2. Возможные ситуации поражения человека электрическим током в сети TN-C

Ситуация 2. Человек, стоящий на изолированном коврик (деревянной подставке), прикасается к фазному проводу. В этом случае:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + R_0 + R_{\text{осн}}}, \quad (1.5)$$

где $R_{\text{осн}}$ – сопротивление основания (подставки), на котором стоит человек.

Ситуация 3. Человек, стоящий на электроизолирующем коврик (деревянной подставке), прикасается к фазному проводу, а другой рукой держится за металлоконструкцию, соединенную с землей (например, за радиатор отопления). Путь тока – «рука–рука». В этом случае:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + R_0 + R_3}, \quad (1.6)$$

где R_3 – сопротивление растеканию тока естественного заземлителя (металлоконструкции).

Ситуация 4. Человек, стоящий на земле, прикасается к фазному и нулевому проводу. Здесь можно использовать формулы, приведенные в ситуации 1, но при $R_0 = 0$:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\phi}}{R_{\text{ч}}}. \quad (1.7)$$

Ситуация 5. Человек попадает под линейное напряжение $U_{\text{л}}$, прикасаясь к двум фазным проводникам. В этом случае:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{ч}}}. \quad (1.8)$$

Трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью (IT)

В указанных сетях (рис. 1.3) при нормальном режиме работы и сравнительно коротких воздушных линиях

$$r_1 = r_2 = r_3 = r; \quad (1.9)$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = 0,$$

где r – сопротивление изоляции проводов;
 C – емкость проводов относительно земли.

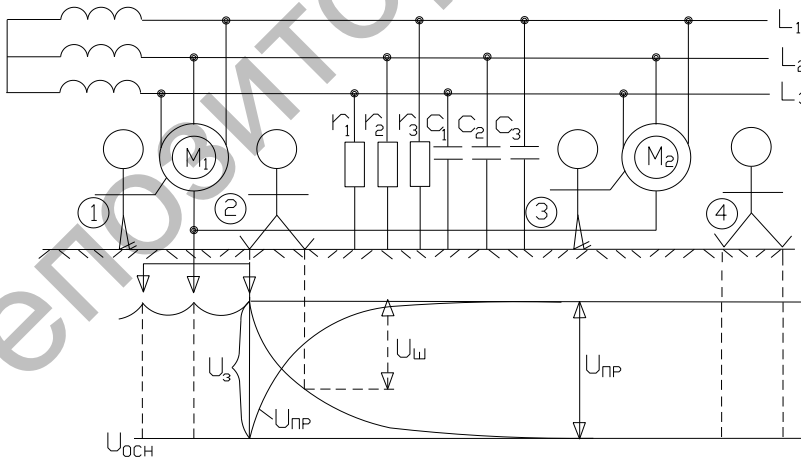


Рис. 1.3. Возможные ситуации поражения человека электрическим током в трехфазной сети 400 В с изолированной нейтралью (IT)

Ток, проходящий через человека, который коснулся фазного провода стоя на земле:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + \frac{r}{3}}. \quad (1.10)$$

При нормальном режиме работы и очень больших сопротивлениях изоляции, например в кабельных сетях:

$$r_1 = r_2 = r_3 \approx \infty; \quad (1.11)$$

$$C_1 + C_2 + C_3 = C.$$

Ток, проходящий через тело человека при его прикосновении к фазному проводу:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{\sqrt{R_{\text{ч}}^2 + \left(\frac{X_c}{3}\right)^2}}; \quad (1.12)$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}, \quad (1.13)$$

где X_c – емкостное сопротивление проводов относительно земли;
 f – частота тока.

Таким образом, в сетях с изолированной нейтралью опасность для человека, прикоснувшегося к одному из фазных проводов в период нормальной работы сети, зависит от сопротивления изоляции и емкости проводов относительно земли: с увеличением сопротивления и уменьшением емкости опасность уменьшается.

Ниже приведены ситуации, связанные с опасностью поражения человека электрическим током в рассматриваемой сети (IT) в аварийных режимах.

Ситуация 1. Человек, стоящий непосредственно над групповым заземлителем, прикоснулся к корпусу асинхронного электродвигателя M_1 ,

оказавшемуся под напряжением и соединенному с указанным групповым заземлителем.

В этом случае потенциал земли над заземлителем в поле растекания тока будет практически равным потенциалу корпуса, а разность этих потенциалов, т. е. напряжение прикосновения $U_{пр}$, – близка к нулю. Напряжение шага $U_{ш}$ также будет близко к нулю, т. к. ступни сомкнуты:

$$U_{пр} = \varphi_k - \varphi_3 \approx 0; \quad (1.14)$$

$$U_{ш} = \varphi_{3A} - \varphi_{3B} \approx 0,$$

где φ_k – потенциал корпуса электродвигателя;

φ_3 – потенциал земли (над заземлителем);

φ_{3A} – потенциал земли в точке A (одна ступня);

φ_{3B} – потенциал земли в точке B (вторая ступня).

Таким образом, человек, стоя в непосредственной близости от корпуса электродвигателя над его заземлителем при пробое напряжения, попадает под неопасное напряжение прикосновения $U_{пр}$. Шаговое напряжение $U_{ш}$ будет зависеть от расстояния между ступнями и расстояния от заземлителя, т. к. по мере удаления от заземлителя потенциал земли уменьшается, а соответственно, уменьшается и разность этих потенциалов, т. е. напряжение шага.

Ситуация 2. Человек, стоящий с определенным расстоянием между ступнями непосредственно над групповым заземлением, не касается корпуса электрического двигателя M_1 , оказавшегося под напряжением.

В этом случае человек попадает под шаговое напряжение $U_{ш}$, величина которого зависит от удельного электрического сопротивления грунта и расстояния между ступнями:

$$U_{ш} = \varphi_{3A} - \varphi_{3B}; \quad (1.15)$$

$$U_{пр} = 0.$$

Ситуация 3. Человек прикоснулся к корпусу асинхронного электродвигателя M_2 , оказавшегося под напряжением, располо-

женного на расстоянии более 20 м от заземленного электродвигателя M_1 .

В этом случае потенциал земли, где стоит человек вне поля растекания тока (более 20 м), равен нулю и человек попадает под полное напряжение на корпусе электродвигателя M_2 . Шаговое напряжение будет равно нулю:

$$\begin{aligned}U_{\text{пр}} &= \varphi_{\text{к}} - 0 = U_{\text{к}}; \\U_{\text{ш}} &= 0.\end{aligned}\tag{1.16}$$

Ситуация 4. Человек, стоящий возле электродвигателя M_2 , не прикасается к нему, ступни разомкнуты.

В этом случае шаговое напряжение $U_{\text{ш}}$ равно нулю, т. к. человек находится вне поля растекания тока:

$$\begin{aligned}U_{\text{ш}} &= 0; \\U_{\text{пр}} &= 0.\end{aligned}\tag{1.17}$$

Таким образом, человек при прикосновении к электродвигателю (или иному электрооборудованию), установленному на токопроводящем основании и оказавшемуся под напряжением, находится в поле растекания тока, т. е. вблизи от заземлителя. В данном случае, как показано на примере (рис. 1.3), заземлять электродвигатель (M_2) на заземлитель другого электродвигателя (M_1) не рекомендуется.

4. Порядок проведения измерений и выполнения расчетов

Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и расчетов (табл. 1.3).

Подключите стенд к источнику питания напряжением 220 В. Смоделируйте для трехфазной четырехпроводной сети (рис. 1.2) ситуацию 1, установив переключатель № 1 на стенде в положение 1. Правильность переключения контролируйте по загоранию лампочки на схеме стенда, соответствующей данной ситуации. Занесите в табл. 1.3 показания вольтметра и миллиамперметра.

Аналогичным образом (путем поворота переключателя № 1) смоделируйте ситуации 2, 3, 4, 5; при этом загорятся соответствующие лампочки на стенде. Данные измерений занесите в табл. 1.3.

Произведите расчеты согласно формулам (1.1–1.8) и занесите значения в табл. 1.3.

Смоделируйте для трехфазной сети с изолированной нейтралью (рис. 1.3) ситуацию 1, повернув переключатель № 2 на стенде в положение 1. Правильность переключения контролируйте по загоранию на стенде лампочки, соответствующей ситуации 1. Занесите в табл. 1.3 показания вольтметра и миллиамперметра.

Аналогичным образом (путем изменения положения переключателя № 2) создайте последовательно ситуации 2, 3, 4; при этом загорятся соответствующие лампочки на стенде. Данные измерений занесите в табл. 1.3.

Произведите расчеты согласно формулам (1.9–1.17) и занесите значения в табл. 1.3.

Проанализируйте полученные экспериментальные и расчетные результаты, сравните их и сделайте вывод об опасности поражения электрическим током в различных сетях при различных ситуациях.

Таблица 1.3

Результаты исследования электробезопасности в трехфазных сетях

Ситуация	Измеренные величины			Вычисленные значения	
	$U_{шт}, В$	$U_{пр}, В$	$I_{ч}, мА$	$I_{ч}, мА$	$U_{шт}, В$
Четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью					
1					
2					
3					
4					
5					
Трехпроводная сеть с изолированной нейтралью					
1					
2					
3					
4					

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Какое действие оказывает электрический ток на организм человека?
2. Назовите виды поражения электрическим током и охарактеризуйте их.
3. Что такое электрический удар?
4. Какие факторы влияют на степень поражения человека электрическим током?
5. Какие элементы включают системы электропитания $TN-C-S$, $TN-S$?
6. Что называется напряжением прикосновения и шаговым напряжением?
7. Какая ситуация наиболее опасна в сети $TN-C-S$ для человека и почему?
8. Какая ситуация наиболее опасна в сети IT для человека и почему?

Лабораторное занятие № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

Цель занятия: ознакомиться с основными закономерностями изменения электрического сопротивления тела человека, провести самостоятельное экспериментальное исследование по измерению электрического сопротивления тела человека.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд «Электробезопасность» НТЦ-17.55.3.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания, уяснив закономерность изменения электрического сопротивления тела человека.
2. Подготовить таблицу и графики для фиксации результатов измерений и расчетов.
3. Произвести измерения и сопоставить их результаты с расчетными значениями, сделать выводы.
4. Оформить отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

1. Общие положения

Степень воздействия электрического тока на организм человека зависит в основном от следующих факторов:

- величины электрического тока, А;
- длительности воздействия тока, с;
- пути протекания тока;
- рода и частоты тока, Гц.

Величина тока в электрической цепи определяется сопротивлением этой цепи и приложенным напряжением.

Человеческое тело, как и тело любого другого живого организма, имеет свойство проводить через себя электрический ток. Разные живые ткани в организме имеют различную проводимость (сопротивление). Например, кожа, жировая ткань, кости имеют большое сопротивление, а кровь, мышечная масса и особенно головной и спинной мозг – малое. Кожа имеет большое удельное электрическое сопротивление, что впоследствии и определяет фактическое сопротивление человеческого тела (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Удельное объемное электрическое сопротивление тканей человеческого организма

Наименование ткани	Удельное сопротивление, Ом·м
Кожа сухая	$3 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^5$
Кости (без надкостницы)	$10^4 - 2 \cdot 10^5$
Жировая ткань	300–600
Мышечная ткань	15,0–30,0
Кровь	10,0–20,0
Спинномозговая жидкость	5,0–6,0

Электропроводимость тела человека

Сопротивление тела человека между двумя точками касания (электродами) (рис. 2.1) складывается из сопротивления внутренних тканей и органов и сопротивления кожи. Электросопротивление можно смоделировать электрической цепью, состоящей из резисторов и конденсаторов, отображающих омические (R) и емкостные (C) свойства биологических тканей.

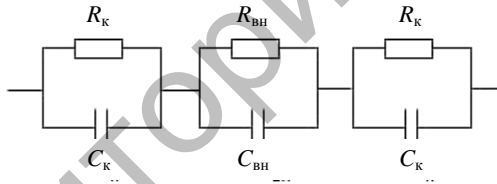


Рис. 2.1. Сопротивление тела человека между двумя точками касания (электродами)

Сопротивление $R_{вн}$ внутренних частей организма слабо зависит от общего состояния человека. В расчетах принимают $R_{вн} = 1$ кОм (для пути «ладонь–ступня»). Сопротивление кожи R_k при прохождении тока от ее поверхности к внутренним тканям в десятки раз больше сопротивления $R_{вн}$. Поэтому для постоянного и низкочастотного тока (50–60 Гц) сопротивление кожи при точечном контакте является определяющим фактором, который ограничивает ток. (При высоких частотах более существенным фактором является внутреннее сопротивление тела.) Следовательно, в большинстве ситуаций ток, протекающий через тело, в основном зависит от состояния тела в точке контакта. Сухая кожа имеет высокое сопротивление, а влажная или мокрая – низкое, т. к. ионы, находящиеся

во влаге, обеспечивают прохождение тока в тело. При сухой коже сопротивление между крайними точками тела (ладонь–ступня) может быть равным 10^5 Ом, а при мокрой может составить 1 % от этого значения. Полное сопротивление тела между потными руками принимают равным 1500 Ом.

Сопротивление кожи R_k существенно зависит от внутренних и внешних причин (потливость, влажность, наличие раневого повреждения). Кроме того, на разных участках тела кожа имеет разную толщину и, следовательно, различное сопротивление. Поэтому, учитывая изменчивость сопротивления кожи, при расчетах ее не учитывают, принимая $R_k = 0$. Ток, протекающий через тело, рассчитывают по формуле

$$I = \frac{U}{R_{\text{вн}}}.$$

Наиболее чувствительными к электрическому току частями организма являются мозг, грудные мышцы и нервные центры, которые контролируют дыхание и сердце.

Кожа человека

Площадь кожи – 1,5–2,5 м². Составляет 18 % от массы тела.

Функции кожи:

- барьерная;
- терморегуляционная (потоотделение, теплоизоляция – подкожная жировая клетчатка, сосудистые реакции кожи);
- метаболическая (выработка витамина D);
- рецепторная;
- выделительная (пот);
- депо крови (накопление до 1 л крови);
- иммунологическая (начинаются иммунные реакции).

Кожа человека имеет два слоя (рис. 2.2):

1. Наружный слой кожи (эпидермис) состоит из нескольких слоев, верхний из которых называется роговым и представляет собой множество рядов отмерших и ороговевших клеток. В чистом и сухом виде этот слой можно характеризовать как диэлектрик (он имеет очень большое электрическое сопротивление). Следующий слой эпидермиса (ростковый) гораздо тоньше рогового и имеет значительно большую электрическую проводимость (меньшее сопротивление).

2. Внутренний слой кожи (дерма) представляет собой живую ткань. Данный слой имеет малое электрическое сопротивление.

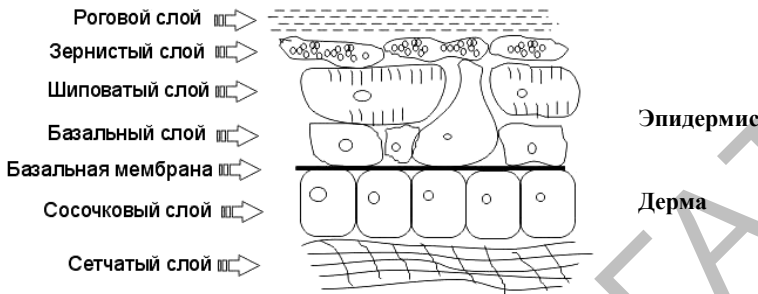


Рис. 2.2. Слои кожи

Эпидермис – многослойный ороговевающий эпителий, лежащий на базальной мембране. Толщина – 0,3–2 мм в зависимости от участка тела. Состоит из слоев:

- а) базальный слой – клетки интенсивно делятся и смещаются в верхние слои;
- б) шиповатый слой – клетки становятся овальными;
- в) зернистый слой – уплощенные клетки с гранулами кератина;
- г) роговой слой – чешуйки (постклеточные структуры).

Дерма. В дерме располагаются производные кожи: потовые железы, сальные железы, волосы. Толщина – 1–2,5 мм. Состоит из слоев:

- а) сосочковый слой (сосочки слоя вдаются в эпидермис и образуют папиллярные линии ладоней);
- б) сетчатый слой (обеспечивает механическую прочность кожи).

Эпидермис не обладает электропроводностью (это изолятор), но в нем проходят протоки желез, по которым передается электрическое поле. Электропроводность кожи определяет пот. Он состоит на 98 % из воды и на 2 % из органических и неорганических веществ (солей и др.).

Существуют соматовисцеральные связи (от кожи к органам) и висцеросоматические связи (от органов к коже). Если органы болят, кожа меняет свои параметры.

Электрическое сопротивление обычного человека при условии, что кожа у него чистая, сухая и неповрежденная (напряжение 15–20 В) лежит в пределах 3–100 кОм (1кОм = 1000 Ом), в некоторых случаях

и более. Сопротивление тела человека, а именно проводимость между двумя электродами, которые касаются поверхности кожи, можно рассматривать как сопротивления включенных последовательно тела и электродов: наружные слои (эпидермиса) представляют собой первое сопротивление, а внутренние слои являются вторым и третьим сопротивлением, включающим сопротивление внутреннего слоя кожи и сопротивление внутренних тканей.

Электрическая емкость человеческого тела. Наружное сопротивление человека обладает не только активным сопротивлением, но и емкостным, поскольку в месте контакта электродов с человеческим телом образуется некое подобие конденсатора, в роли обкладок которого выступают сами электроды и ткани тела человека, хорошо проводящие электрический ток и находящиеся под наружным слоем кожи, а диэлектриком (изолятором между обкладками) в данном случае будет наружный слой кожи (эпидермис).

Емкостная составляющая, присутствующая в сопротивлении человека, обуславливает влияние как рода электрического тока, так и его частоты на общую величину сопротивления тела. При частоте 10–20 кГц (10 000–20 000 Гц) и выше можно утверждать, что поверхностный слой кожи почти полностью утратил свое сопротивление. Общее сопротивление человека в данном случае будет состоять лишь из внутреннего сопротивления тела (сопротивления дермы и внутренних тканей).

Общее состояние кожи в значительной мере оказывает влияние на величину электрического сопротивления человека. При повреждении рогового слоя кожи (царапины, порезы, ссадины и т. д.) происходит снижение сопротивления человека до величины, приближенной к значению внутреннего сопротивления, а это, естественно, повышает опасность поражения электрическим током. Подобное влияние может иметь место и в случае увлажнения кожи водой или потом.

При электрическом переменном токе промышленной частоты (50 Гц) берут во внимание только активное сопротивление человека (его тела) и соотносят его с величиной, равной 1 кОм. В действительности данное электрическое сопротивление – величина непостоянная, которая имеет нелинейную характеристику и зависит от дополнительных условий, в т. ч. от параметров электрической цепи, состояния кожи, состояния окружающей среды, физиологии человека и т. д.

Так как сопротивление кожи у одного и того же человека может быть неодинаковым в разных местах тела, то на его сопротивление будет значительно влиять конкретное место прикосновения электрических контактов, а также их общая площадь. Величина электрического тока и длительность воздействия на тело оказывают прямое влияние на полное сопротивление человека: с увеличением значения тока и времени его прохождения сопротивление будет понижаться, потому что происходит местный нагрев участков кожи, а это ведет к расширению сосудов, тем самым усиливая снабжение данного участка тела кровью, увеличения его потоотделение. Увеличение напряжения, воздействующего на тело человека, вызывает понижение сопротивления кожи в десятки раз, следовательно, и общее сопротивление человека снижается до предела 300–500 Ом, а это опасно.

Величина тока и напряжения

Основным фактором, влияющим на исход поражения человека электрическим током, является величина тока, которая согласно закону Ома зависит от величины приложенного напряжения и сопротивления тела человека. Эта зависимость не является линейной, т. к. при напряжении около 100 В и выше наступает пробой верхнего рогового слоя кожи, вследствие чего электрическое сопротивление человека резко уменьшается (становится равным $R_{вн}$), а ток возрастает. Напряжение, приложенное к телу человека, также влияет на исход поражения, но лишь настолько, насколько оно определяет значение тока, проходящего через человека.

Род и частота электрического тока

Воздействие на человека постоянного и переменного тока различно: переменный ток промышленной частоты опаснее постоянного тока того же значения. Случаев поражения в электроустановках постоянным током в несколько раз меньше, чем в аналогичных установках переменного тока. При более высоких напряжениях (более 300 В) постоянный ток более опасен, чем переменный (из-за интенсивного электролиза).

С увеличением частоты переменного тока полное сопротивление тела уменьшается, что приводит к увеличению силы тока, проходящего через человека, а следовательно, повышается опасность

поражения. Наибольшую опасность представляет ток частотой от 50 до 1000 Гц; при дальнейшем повышении частоты опасность поражения уменьшается, а при частоте 45–50 кГц исчезает полностью. Эти токи сохраняют опасность ожогов. Снижение опасности поражения током с ростом частоты становится практически заметным при 1–2 кГц.

Электроды

Электроды – это проводники специальной формы, соединяющие измерительную цепь с биологической системой. К электродам предъявляются определенные требования: они должны быстро фиксироваться и сниматься, иметь высокую стабильность электрических параметров, быть прочными, не раздражать биологическую ткань и т. п.

Решение важной физической проблемы, относящейся к электродам для снятия биоэлектрического сигнала, заключается в минимизации потерь полезной информации, особенно на переходном сопротивлении «электрод–кожа». Эквивалентная электрическая схема контура, включающего в себя биологическую систему и электроды, представлена на рис. 2.3.

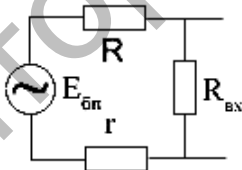


Рис. 2.3. Эквивалентная электрическая схема контура:

$E_{\text{бп}}$ – ЭДС источника биопотенциалов; r – сопротивление внутренних органов; R – сопротивление кожи и электродов; $R_{\text{вх}}$ – входное сопротивление усилителя

Из закона Ома (без учета разветвления цепи) следует:
 $E_{\text{бп}} = Ir + IR + IR_{\text{вх}}$.

Падение напряжения на входе усилителя полезное, т. к. усилитель увеличивает именно эту часть ЭДС источника. Падение напряжения I_r и IR внутри биологической системы и в месте контакта кожи с электродом бесполезно. Поскольку $E_{\text{бп}}$ задана, а повлиять на уменьшение I_r невозможно, то увеличивать $IR_{\text{вх}}$ можно лишь

уменьшением R и прежде всего уменьшением сопротивления контакта «электрод–кожа». Это можно сделать разными способами:

- используя салфетки, смоченные физраствором;
- увеличивая площадь электрода (истинная картина в этом случае может искажаться, т. к. электрод будет захватывать сразу несколько эквипотенциальных поверхностей).

При использовании электродов наблюдаются две проблемы. Первая – возникновение гальванической ЭДС в месте контакта электрода с биологической системой. Вторая – электролитическая поляризация электродов, что приводит к выделению на электродах продуктов реакции при прохождении тока. В результате возникает встречная ЭДС. В обоих случаях возникновение ЭДС искажает снимаемый электродами полезный биоэлектрический сигнал.

Сопротивление соединения «кожа–электрод» зависит от площади и формы электродов. При увеличении площади сопротивление падает, но с определенного значения площади дальнейшее увеличение размеров прямоугольного электрода бессмысленно, т. к. поле значительно ослабевает на некотором удалении от кожи. При больших площадях возникает искажение снимаемой информации, из-за того что электрод захватывает несколько эквипотенциальных поверхностей. Также бессмысленно увеличение длины точечного электрода. В целом сопротивление зависит от площади соприкосновения электрода с кожей.

2. Порядок выполнения работы

1. Вилку кабеля питания включить в розетку электросети 400 В, 50 Гц.

2. Проверить исходные положения тумблеров и автоматических выключателей на панели стенда:

SA1 – вниз («Выкл.»);

SA3 – «Откл.»;

все клавишные выключатели – «Выкл.»;

SA4 – вниз («Выкл.»);

QF2 – вниз («Выкл.»);

QF3 – вниз («Выкл.»);

SA7 – «∞»;

SA8 – «0»;

SA10 и SA11 – среднее положение;

SA14 – вниз («Выкл.»);

SA15 – вниз («Выкл.»).

3. Включить автоматический выключатель QF1 «Сеть». Через несколько секунд на индикаторах высветятся нулевые показания – изделие подготовлено к выполнению лабораторных работ.

Уточнить у преподавателя, какие исследования необходимо провести.

4. Исследовать сопротивление человека на переменном токе (от 50 до 5000 Гц) при $U_k = 7 \text{ В}$:

$$R_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{к}}}{I_{\text{ч}}}.$$

Данные занести в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Результаты исследований сопротивления человека на переменном токе

Площадь контакта, мм ²	Частота, Гц	Ток, мА	Сопротивление, Ом
250	50		
	100		
	200		
	500		
	1000		
	2000		
	5000		
500	50		
	100		
	200		
	500		
	1000		
	2000		
	5000		

5. Построить графики зависимости сопротивления тела от частоты тока при площади контакта $S = 250 \text{ мм}^2$, $S = 500 \text{ мм}^2$.

6. Сделать вывод о влиянии частоты тока и площади контакта на сопротивление тела человека.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. От каких основных факторов зависит степень воздействия электрического тока на организм человека?
2. От чего зависит сопротивление кожи?
3. Что влияет на сопротивление тела человека?
4. Какие части организма являются наиболее чувствительными?
5. Какие функции выполняет кожа человека?
6. Какие слои имеет кожа?
7. Почему с ростом частоты приложенного напряжения сопротивление тела человека уменьшается?
8. Как изменяется сопротивление тела человека при загрязнении кожи?
9. Как изменяется полное сопротивление тела человека при изменении частоты приложенного напряжения?
10. Как изменяется полное сопротивление тела человека при увеличении площади электродов в диапазоне частот приложенного напряжения 1 Гц – 10 кГц?
11. Как изменяется полное сопротивление тела человека при увеличении площади электродов в диапазоне частот приложенного напряжения 20–200 кГц?
12. Как изменяется сопротивление тела человека при повреждении кожи?

Лабораторное занятие № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ ПРИ РАБОТЕ С ЭЛЕКТРОИНСТРУМЕНТОМ

Цель занятия: изучить требования безопасности при работе с электроинструментом, ручными электрическими машинами и переносными электрическими светильниками, провести самостоятельное экспериментальное исследование по поражению электрическим током при работе с электроинструментом.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд «Электробезопасность» НТЦ-17.55.3.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Ознакомиться с общими требованиями безопасности при работе с электроинструментом, ручными электрическими машинами и переносными электрическими светильниками.
3. Провести исследование поражения электрическим током при работе с электроинструментом.
4. Проанализировать результаты проведенных экспериментов и сделать выводы.
5. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Для недопущения электропоражения и обеспечения электробезопасности на производстве применяют: изолирование проводов и других компонентов электрических цепей, приборов и машин; защитное заземление; зануление, аварийное отключение напряжения; индивидуальные средства защиты и некоторые другие меры.

Основные причины поражения человека электрическим током

1. Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям электроустановки.
2. Прикосновение к незаземленным корпусам машин и трансформаторов с поврежденной изоляцией.
3. Несоблюдение правил технической эксплуатации электроустановок.

4. Работа с неисправными ручными электроинструментами.
5. Работа без защитных изолирующих и предохранительных приспособлений.
6. Шаговое напряжение на поверхности земли в результате обрыва токнесущего провода.

Технические способы защиты от поражения электрическим током

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Суть заземления заключается в том, что все конструкции из металла, могущие оказаться под напряжением, соединяют с заземляющим устройством через малое сопротивление. Это сопротивление должно быть во много раз меньше, чем сопротивление человека. В случае замыкания на корпус аппарата основная часть тока пройдет через заземляющее устройство.

Защитное зануление – это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Такое электрическое соединение превращает всякое замыкание токоведущих частей на землю в однофазное короткое замыкание, а это обеспечивает срабатывание «защиты» (предохранителей, автоматов и пр.) и отключение поврежденной установки от питающей сети.

Защитное отключение. Используют реле напряжения, соединенное с металлическими нетоковедущими частями оборудования, которые могут оказаться под напряжением. При замыкании фазы на корпус, снижении сопротивления изоляции фаз или появлении в сети более высокого напряжения происходит автоматическое отключение электроустановки от источника питания.

Выравнивание потенциалов. Для этого сближают потенциалы – снижают напряжение между точками электрической цепи, к которым человек может прикоснуться и на которых может стоять.

Малые напряжения (не более 42 В) уменьшают опасность поражения человека электрическим током. Их используют для питания электроинструмента, светильников местного освещения, переносных ламп в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных.

Электрическое разделение сети. Сеть разделяют на отдельные, не связанные между собой участки с использованием отдельных

трансформаторов (на каждый электроприемник свой трансформатор). Эти трансформаторы запитывают электроприемники от общей сети и, следовательно, предотвращают воздействие на них токов утечки, замыканий на землю. Тем самым исключаются условия, которые могут привести к электротравме.

Изоляция обеспечивает отсутствие доступа к токоведущим частям электроустановки. Исправная изоляция – основное условие электробезопасности. Однако в процессе эксплуатации изоляция подвергается воздействиям, приводящим к ее старению. Главное из них – нагревание ее рабочими и пусковыми токами, токами короткого замыкания или токами от посторонних источников. Нужен периодический контроль ее состояния. Сопротивление изоляции не должно быть менее 0,5 МОм.

Выделяют следующие виды изоляции:

– *рабочая* – электрическая изоляция токоведущих частей электроустановки, обеспечивающая ее нормальную работу и защиту от поражения электрическим током;

– *дополнительная* – электрическая изоляция, предусмотренная дополнительно к рабочей изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции;

– *двойная* – электрическая изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной. Например, покрытие электрооборудования слоем изоляционного материала – краской, пленкой, лаком, эмалью и т. п. Применение двойной изоляции наиболее рационально, когда в дополнение к рабочей электрической изоляции токоведущих частей корпус электроприемника изготавливается из изолирующего материала (пластмассы, стекловолокна).

Ограждение токоведущих частей чаще всего предусматривается конструкцией электрооборудования. Корпуса, кожухи, щитки препятствуют случайным прикосновениям к ним. Голые провода, шины, открытые приборы и аппараты помещают в шкафы, ящики или закрывают сплошным либо сетчатым ограждением высотой 1,7–2 м.

Блокировка не позволяет открыть ограждения, когда электроустановка под напряжением, и автоматически снимает напряжение при раскрытии ограждения.

Сигнализация световая и звуковая применяется в электроустановках в сочетании с другими мерами защиты от поражения электрическим током.

Средства защиты при обслуживании электроустановок. К ним относятся: изолирующие штанги, измерительные и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, электроизолирующие перчатки и инструменты с изолирующими ручками, а также электроизолирующие галоши, коврики, изолирующие подставки, переносные заземления, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности. Кроме перечисленных электрозащитных средств при необходимости применяются индивидуальные средства защиты (очки, каски, противогаз, рукавицы, предохранительные монтажные пояса, страховочные канаты).

Требования безопасности при работе с электроинструментом, ручными электрическими машинами и переносными электрическими светильниками

К самостоятельной работе с электроинструментом, ручными электрическими машинами и переносными электрическими светильниками допускаются:

- лица мужского и женского пола не моложе 18 лет, имеющие группу по электробезопасности не ниже II;
- прошедшие обучение по электробезопасности, имеющие соответствующее удостоверение и прошедшие стажировку (дублирование) по безопасным способам ведения работ в течение двух недель;
- прошедшие медицинское освидетельствование и допущенные к работе по состоянию здоровья;
- прошедшие вводный инструктаж и первичный инструктаж на рабочем месте.

Работник обязан:

- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка;
- не курить, не распивать спиртные напитки на рабочем месте;
- выполнять только порученную работу;
- изучать и совершенствовать методы безопасной работы;
- работать в спецодежде с применением средств индивидуальной защиты в соответствии с установленными нормами;
- уметь оказывать первую доврачебную помощь пострадавшему при несчастных случаях, знать, где находится аптечка с набором медикаментов, и при необходимости обеспечить доставку (сопровождение) пострадавшего в лечебное учреждение;
- соблюдать правила санитарной и личной гигиены;
- не принимать пищу на рабочем месте.

Во время работы на работника могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы:

- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- нахождение работающего на высоте;
- движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования;
- недостаточная освещенность;
- повышенная влажность в помещении.

Работник несет персональную ответственность за нарушение требований инструкции в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Перед началом работы работник должен:

- надеть и привести в порядок спецодежду так, чтобы она не имела развевающихся и свисающих концов;
- подготовить для безопасной работы свое рабочее место;
- обеспечить достаточное освещение рабочего места, подготовить защитные средства;
- следить за тем, чтобы руки, одежда и обувь были сухими и чистыми.

Перед началом работы с ручными электрическими машинами, переносными светильниками и электроинструментом следует произвести проверку:

- комплектности и надежности крепления деталей;
- внешним осмотром – исправности кабеля (шнура), его защитной трубки и штепсельной вилки, целостности изоляционных деталей корпуса, рукоятки, крышек щеткодержателей, наличия защитных кожухов и их исправности;
- четкости работы выключателя;
- работы на холостом ходу.

Ручные электрические машины, переносные светильники, электроинструмент и вспомогательное оборудование к ним, имеющие дефекты, выдавать для работы не допускается.

Контроль сохранности и исправности электроинструмента, ручных электрических машин, переносных электрических светильников должен осуществляться персоналом инструментальной кладовой и непосредственно работником подразделения, получившим инструмент для выполнения работ.

При пользовании электроинструментом или переносными электрическими светильниками их провода или кабели должны по возможности подвешиваться. Непосредственное соприкосновение проводов и кабелей с металлическими, горячими, влажными и масляными поверхностями или предметами не допускается.

Присоединение переносных электрических светильников на напряжение 12 и 42 В к трансформатору осуществляется наглухо или при помощи штепсельной вилки, в последнем случае на кожухе трансформатора со стороны 12 и 42 В должна быть предусмотрена специальная розетка, окрашенная в белый цвет, с соответствующей надписью – «12 В» и «42 В».

В качестве источника питания для электроинструмента, ручных электрических машин, переносных электрических светильников напряжением до 42 В применяются понижающие трансформаторы, машинные преобразователи, генераторы, аккумуляторные батареи.

Во избежание поражения электрическим током не допускается питание электроинструмента и переносных электрических светильников от автотрансформатора.

Электроинструмент должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- быстро включаться в электросеть и отключаться от нее (но не самопроизвольно);
- быть безопасным в работе и иметь недоступные токоведущие части.

Применяющиеся на предприятии штепсельные соединения (розетки, вилки) для напряжения 12 и 42 В должны быть окрашены в белый цвет, а на 230 В – в красный и иметь разную конструкцию, исключающую возможность взаимного включения.

Для присоединения к сети электроинструмента должен применяться шланговый привод.

Во избежание поражения электротоком подключение вспомогательного оборудования (трансформаторов, преобразователей частоты, защитно-отключающих устройств и т. д.) к электросети и отсоединение его производится электротехническим персоналом с группой по электробезопасности не ниже III.

В особо опасных помещениях разрешается применять электроинструмент, электрические машины и переносные электрические светильники на напряжение не выше 12 В, в помещениях с повышенной опасностью – не выше 42 В.

Во избежание травмирования глаз сверление отверстий должно производиться в защитных очках.

Не допускается производить работы в зоне движущихся машин и механизмов, подвижных частей производственного оборудования. При производстве работ необходимо отключить их или оградить рабочее место.

Для предотвращения падения с высоты работу производить с прочных лесов или подмостей. Работа с приставных лестниц не допускается.

Работникам, пользующимся электроинструментом и ручными электрическими машинами, не допускается:

- передавать включенные ручные электрические машины и электроинструмент даже на непродолжительное время другим лицам;
- разбирать ручные электрические машины и электроинструмент, производить самостоятельно какой-либо ремонт;
- держаться за провода ручной электрической машины или электроинструмента, касаться вращающегося режущего инструмента;
- удалять руками стружку или опилки во время работы до полной остановки ручной электрической машины;
- вносить внутрь барабанов и котлов, металлических резервуаров и т. п. переносные трансформаторы и преобразователи частоты;
- оставлять ручные электрические машины и электроинструмент без надзора включенными в электросеть.

При прекращении подачи тока во время работы с электроинструментом или при перерыве в работе электроинструмент отключается (отсоединяется) от электросети.

При обнаружении каких-либо неисправностей работа с ручными электрическими машинами, электроинструментом или переносными электрическими светильниками немедленно прекращается.

По окончании работы необходимо:

- отключить электроинструмент, ручную электрическую машину, переносной электрический светильник, проверить их исправность и сдать лицу, ответственному за исправное его состояние (или сдать в кладовую);
- привести в порядок рабочее место;
- снять спецодежду и вымыть руки и лицо с мылом.

При возникновении ситуаций, которые могут привести к аварии или несчастным случаям, немедленно прекратить работу и отключить используемое оборудование.

При возникновении пожара или загорания работник обязан:

- немедленно сообщить об этом в городскую пожарную службу, указав адрес объекта и что горит, и руководителю объекта;
- принять меры по обеспечению безопасности и эвакуации людей;
- приступить к тушению пожара с помощью имеющихся на объекте первичных средств пожаротушения;
- по прибытии подразделений пожарной службы – сообщить им необходимые сведения об очаге пожара и мерах, принятых по его ликвидации.

Оказать необходимую первую доврачебную помощь пострадавшему на производстве, освободив его от действий травмирующего фактора (электротока, механизмов и т. д.)

При получении травмы на производстве немедленно обратиться в лечебное учреждение и сообщить о случившемся непосредственному руководителю, сохранить рабочее место без изменений на момент получения травмы, если это не угрожает окружающим и не приведет к аварии.

2. Подготовка лабораторного стенда к работе

1. Вилку кабеля питания включить в розетку электросети 400 В, 50 Гц.

2. Проверить исходные положения тумблеров и автоматических выключателей на панели стенда:

SA1 – вниз («Выкл.»);

SA3 – «Откл.»;

все клавишные выключатели – «Выкл.»;

SA4 – вниз («Выкл.»);

QF2 – вниз («Выкл.»);

QF3 – вниз («Выкл.»);

SA7 – «∞»;

SA8 – «0»;

SA10 и SA11 – среднее положение;

SA14 – вниз («Выкл.»);

SA15 – вниз («Выкл.»).

3. Включить автоматический выключатель QF1 «Сеть». Через несколько секунд на индикаторах высветятся нулевые показания – изделие подготовлено к выполнению лабораторных работ.

Уточнить у преподавателя, какие исследования необходимо провести.

3. Исследование поражения электрическим током при работе с электроинструментом

Проверить исходное положение органов управления стенда (см. п. 2).

Включить стенд автоматом QF1 «Сеть». Установить тумблер SA5 «Инструмент без двойной изоляции (рабочая изоляция)», SA6 «Инструмент без заземляющего провода», SA20 «УЗО откл.» в нижнее положение.

Включить УЗО QF2, включить клавишный выключатель SA3. Включить выключатель SA4 «ПРОБОЙ», загорится одноименный светодиод. На индикаторах отобразится ток через тело человека «A2, mA» при пробое на корпус и напряжение соприкосновения «V2, В». Данные занести в таблицу. Рассчитать сопротивление тела человека.

Таблица

Результаты исследований поражения электрическим током при работе с электроинструментом

Тип изоляции инструмента	Наличие заземляющего провода	Напряжение, В	Ток, mA	Сопротивление, Ом
Без двойной изоляции	Без заземляющего провода			
С двойной изоляцией	Без заземляющего провода			
Без двойной изоляции	С заземляющим проводом			
Без двойной изоляции, с заземляющим проводом, защита УЗО включена				При допустимом сопротивлении (1–10 Ом) УЗО
				(сработало, не сработало)
Без двойной изоляции, с заземляющим проводом, защита УЗО включена				При недопустимом сопротивлении (20 Ом) УЗО
				(сработало, не сработало)

Отключить выключатель SA4 «ПРОБОЙ».

Блок по исследованию поражения электрическим током при работе с инструментом с рабочей и двойной изоляцией, при наличии

и отсутствии заземляющего провода, с применением УЗО и без него служит для проведения исследований величины тока, протекающего через тело человека при поражении электрическим током при пробое изоляции. Блок позволяет выбирать тип изоляции инструмента – рабочая или двойная; схему подключения инструмента – с заземляющим проводом или без него; схему защиты – УЗО включено или отключено.

Включение питания схемы осуществляется выключателем с подсветкой SA3. Режим пробоя включается выключателем SA4 «ПРОБОЙ». Выбор типа изоляции инструмента производится переключателем SA5. Выбор схемы подключения инструмента – переключателем SA6. Режим работы УЗО определяется положением выключателя SA20.

Величина напряжения соприкосновения и тока через тело человека отображается на индикаторах «A2» (в миллиамперах) и «V2» (в вольтах).

Переключить тумблер SA5 в верхнее положение – «Инструмент с двойной изоляцией», загорится светодиод $R_{дв. изол.}$. Включить SA4 «ПРОБОЙ» и записать показания приборов в таблицу. Обратить внимание на влияние наличия двойной изоляции на степень опасности поражения электрическим током при пробое изоляции.

Отключить выключатель SA4 «ПРОБОЙ». Вернуть тумблер SA5 в нижнее положение – «Инструмент без двойной изоляции (рабочая изоляция)».

Включить тумблер SA6 в верхнее положение – «Инструмент с заземляющим проводом».

Включить тумблер SA4 «ПРОБОЙ», зафиксировать, сработало ли УЗО QF2, и записать показания приборов в таблицу.

Отключить выключатель SA4 «ПРОБОЙ». Включить выключатель SA20 вверх – «УЗО вкл.». Тумблер SA6 оставить вверху – «Инструмент с заземляющим проводом». Установить галетный переключатель SA9 «R₀» в одно из положений: 1, 2, 5, 10 Ом. Включить тумблер SA4 «ПРОБОЙ», зафиксировать, сработало ли УЗО QF2. Отключить выключатель SA4 «ПРОБОЙ».

Переключить тумблер SA5 в верхнее положение – «Инструмент с двойной изоляцией».

Включить УЗО QF2. Включить выключатель SA4 «ПРОБОЙ». Отметить, сработало ли УЗО QF2. Отключить выключатель SA4 «ПРОБОЙ».

Установить галетный переключатель SA9 « R_0 » в положение «20 Ом».

Включить УЗО QF2. Включить тумблер SA4 «ПРОБОЙ», зафиксировать, сработало ли УЗО QF2. Отключить выключатель SA4 «ПРОБОЙ». Сделать заключение о влиянии сопротивления нулевого провода « R_0 » на степень опасности поражения электрическим током при пробое изоляции.

По окончании измерений переключить вниз тумблеры SA5, SA6, а также SA20 – «УЗО откл.». Выключить УЗО QF2 (вниз). Выключить клавишный выключатель SA3. Установить галетный переключатель SA9 « R_0 » в положение «1 Ом».

Контрольные вопросы по теме занятия

1. В каких случаях возможно поражение электрическим током?
2. В каких случаях применяется защитное заземление оборудования?
3. В чем заключается защитное действие заземления оборудования?
4. В каких сетях применяется зануление оборудования?
5. В чем заключается защитное действие зануления оборудования?
6. В чем заключается действие защитного отключения?
7. Какие существуют виды изоляции токоведущих частей корпуса электроприемника?

Лабораторное занятие № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКА, ПРОХОДЯЩЕГО ЧЕРЕЗ ТЕЛО ЧЕЛОВЕКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ СОПРИКОСНОВЕНИЯ С ТОКОВЕДУЩИМИ ПРОВОДНИКАМИ И ЗАЗЕМЛЕННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Цель занятия: провести экспериментальные исследования тока, проходящего через тело человека при контакте с токоведущим проводником в сети с глухозаземленной нейтралью, сделать вывод о влиянии схемы включения нейтрали и об опасности одновременного контакта с различными фазами проводами и фазным проводом и заземленными корпусами оборудования.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд «Электробезопасность» НТЦ-17.55.3 с измерительными приборами.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Подготовить таблицу для фиксации результатов измерений и расчетов.
3. Произвести измерения и сопоставить их результаты с расчетными значениями, сделать вывод.
4. Оформить отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

1. Общие положения

Статистика электротравматизма показывает, что до 85 % смертельных поражений людей электрическим током происходит в результате прикосновения пострадавшего непосредственно к токоведущим частям, находящимся под напряжением. При этом в сетях с номинальным напряжением до 1 кВ величина тока, протекающего через человека, а следовательно, и опасность поражения зависят от условий включения человека в электрическую цепь и характеристики сети (режима нейтрали).

Электроустановки в отношении мер электробезопасности разделяются на:

- электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с глухозаземленной или эффективно заземленной нейтралью;

– электроустановки напряжением выше 1 кВ в сетях с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор или резистор нейтралью;

– электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с глухозаземленной нейтралью;

– электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях с изолированной нейтралью.

Заземленной нейтралью называется нейтраль генератора или трансформатора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

Изолированной нейтралью называется нейтраль генератора или трансформатора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты и подобные устройства, имеющие большое сопротивление.

В **электрических сетях напряжением до 1 кВ** используются следующие системы:

1. **Система TN** – система, в которой нейтраль источника питания глухозаземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников.

Подразделяется на следующие подсистемы:

а) **подсистема TN–C** – система **TN**, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем ее протяжении; при этом совмещенный нулевой и рабочий провод обозначается **PEN**.

Буква **C** (от англ. *combination*) обозначает, что функции нулевого защитного (**PE**) и нулевого рабочего (**N**) проводников совмещены в одном **PEN**-проводнике;

б) **подсистема TN–S** – это система заземления, в которой заземление всех потребителей электроэнергии происходит от заземляющего устройства на трансформаторной подстанции, питающей эти потребители.

Преимуществом этой системы заземления перед системами **TN–C** и **TN–C–S** является то, что рабочий нулевой провод **N** и провод заземления **PE** полностью независимы друг от друга, что, несомненно, повышает надежность.

Наибольшее распространение имеют электрические сети трехфазного тока с изолированной или глухозаземленной нейтралью источ-

ника тока (генератора, трансформатора). В настоящее время в сельском хозяйстве применяют в основном трехфазные четырехпроводные сети с глухозаземленной нейтралью (подсистемы $TN-C$, $TN-C-S$), обеспечивающие питание установок напряжением 400 и 230 В;

в) подсистема $TN-C-S$ – система TN , в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то ее части, начиная от источника питания.

Подсистема зануления $TN-C-S$ – усовершенствованная система зануления, предназначенная для обеспечения электробезопасности однофазных сетей электроустановок. Она состоит из совмещенного PEN -проводника, который соединен с глухозаземленной нейтралью питающего электроустановку трансформатора. В точке, где трехфазная линия разветвляется на однофазные потребители (например, в этажном щите многоквартирного дома или в подвале такого дома) PEN -проводник разделяется на PE - и N -проводники, непосредственно подходящие к однофазным потребителям. После разветвления проводников такая система требует *повторного заземления*.

2. Система IT – система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части заземлены.

3. Система TT – система, в которой нейтраль источника электроэнергии глухозаземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника.

Системы заземления различаются по схемам соединения и числу нулевых рабочих и защитных проводников.

Первая буква в обозначении системы заземления определяет характер заземления источника питания:

T – непосредственное соединение нейтрали источника питания с землей;

I – все токоведущие части изолированы от земли.

Вторая буква в обозначении системы заземления определяет характер заземления открытых проводящих частей электроустановки здания:

T – непосредственная связь открытых проводящих частей электроустановки здания с землей, независимо от характера связи источника питания с землей;

N – непосредственная связь открытых проводящих частей электроустановки здания с точкой заземления источника питания.

Буквы, следующие за *N* через тире, определяют способ устройства нулевого защитного и нулевого рабочего проводников:

C – функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников обеспечиваются одним общим проводником *PEN*;

S – функции нулевого защитного *PE* и нулевого рабочего *N* проводников обеспечиваются раздельными проводниками.

Электроустановки напряжением до 1 кВ жилых, общественных и промышленных зданий и наружных установок должны, как правило, получать питание от источника с глухозаземленной нейтралью с применением системы *TN*. Для защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания.

Питание электроустановок напряжением до 1 кВ переменного тока от источника с изолированной нейтралью с применением системы *IT* следует выполнять при недопустимости перерыва питания во время первого замыкания на землю или на открытые проводящие части, связанные с системой уравнивания потенциалов. В таких электроустановках для защиты при косвенном прикосновении при первом замыкании на землю должно быть выполнено защитное заземление в сочетании с контролем изоляции сети или должны быть применены устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

При двойном замыкании на землю должно быть выполнено автоматическое отключение питания.

Питание электроустановок напряжением до 1 кВ от источника с глухозаземленной нейтралью и с заземлением открытых проводящих частей при помощи заземлителя, не присоединенного к нейтрали (система *TT*), допускается только в тех случаях, когда условия электробезопасности в системе *TN* не могут быть обеспечены. Для защиты при косвенном прикосновении в таких электроустановках должно быть выполнено автоматическое отключение питания с обязательным применением УЗО.

Поражение электрическим током может произойти в следующих случаях:

– при однофазном прикосновении не изолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановки,

находящимся под напряжением (прикосновение к одной из фаз, находящейся под напряжением);

- при приближении человека, не изолированного от земли, на опасное расстояние к токоведущим, не защищенным изоляцией частям электроустановок, находящихся под напряжением;

- при прикосновении человека, не изолированного от земли, к корпусам электрических машин, трансформаторов, светильников и другим металлическим нетоковедущим частям оборудования, которые могут оказаться под напряжением при замыкании одной из фаз на корпус;

- при освобождении другого человека, находящегося под напряжением;

- при контакте с двумя точками в поле растекания тока, имеющими разные потенциалы (включение под напряжение шага);

- при двухфазном прикосновении (одновременное прикосновение к двум неизолированным частям электроустановки, находящимся под напряжением разных фаз).

Поражение человека при случайном прикосновении к токоведущим частям электрической сети зависит от схемы прикосновения человека, напряжения сети, схемы самой сети, режима нейтрали сети, качества изоляции токоведущих частей от земли, емкости токоведущих частей относительно земли и т. п.

Для предотвращения поражений человека электрическим током при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся в результате аварии под напряжением, применяют различные меры защиты: защитное заземление, зануление, защитное отключение, выравнивание потенциалов и др.

В сетях напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью (системы *IT*) применяется защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение металлических токопроводящих нетоковедущих частей оборудования (корпусов) с землей через естественные или искусственные заземлители.

Ток замыкания на землю в таких сетях не превышает 10 А.

В соответствии с ТКП 339–2011 сопротивление заземления не должно превышать 10 Ом. Напряжение, под которое может попасть человек в результате замыкания на корпус, определяется по формуле

$$U = I_3 R_3, \quad (4.1)$$

где I_3 – ток замыкания на землю, А;

R_3 – сопротивление заземляющего устройства, Ом.

В сетях с заземленной нейтралью заземление как средство защиты не применяется.

В этих сетях напряжение замкнувшей фазы распределяется между сопротивлениями заземления нейтрали и заземления оборудования. Отсюда напряжение на заземленном оборудовании относительно земли зависит только от соотношения этих сопротивлений:

$$U = \frac{U_{\phi} R_3}{R_0 + R_3}, \quad (4.2)$$

где R_0 – сопротивление заземления нейтрали, Ом.

Если $R_3 = R_0$, то $U = 0,5U_{\phi}$, В.

Следовательно, защитное заземление оборудования в сети с заземленной нейтралью безопасность не обеспечивает.

Для защиты от поражения электрическим током в сетях с заземленной нейтралью (системы *TN*) применяется зануление.

2. Подготовка лабораторного стенда к работе

1. Вилку кабеля питания включить в розетку электросети 400 В.

2. Проверить исходные положения тумблеров и автоматических выключателей на панели стенда:

SA1 – вниз («Выкл.»);

SA3 – «Откл.»;

все клавишные выключатели – «Выкл.»;

SA4 – вниз («Выкл.»);

QF2 – вниз («Выкл.»);

QF3 – вниз («Выкл.»);

SA7 – «∞»;

SA8 – «0»;

SA10 и SA11 – среднее положение;

SA14 – вниз («Выкл.»);

SA15 – вниз («Выкл.»).

3. Включить автоматический выключатель QF1 «Сеть». Через несколько секунд на индикаторах высветятся нулевые показания – изделие подготовлено к выполнению лабораторных работ.

3. Исследование тока, проходящего через тело человека при различных вариантах соприкосновения с токоведущими проводниками и заземленным оборудованием

Проверить исходное положение органов управления стенда.

Включить стенд автоматом QF1 «Сеть».

Соединить нейтраль трансформатора с контуром заземления переключкой П1 – схема с глухозаземленной нейтралью.

Установить тумблеры SA10 и SA11 в среднее положение. Включить УЗО QF2. Включить клавишный выключатель «Вкл. ~230 В». Установить тумблер SA11 вверх – «Контакт с фазой». Изменяя величину сопротивления пола и обуви галетными переключателями SA16 и SA17, занести показания индикаторов «V3, В» и «A3, мА» в таблицу для случая контакта с токоведущим проводником, где ток протекает через тело человека в землю.

Таблица

Результаты исследования тока, проходящего через тело человека при контакте с токоведущим проводником в сети с глухозаземленной нейтралью

$R_{\text{пола}}, \text{кОм}$	$R_{\text{обуви}}, \text{кОм}$	Напряжение, В	Ток, мА	Заключение об опасности поражения током
100	30			
	10			
	5			
	1			
30	30			
	10			
	5			
	1			
10	30			
	10			
	5			
	1			
1	30			
	10			
	5			
	1			

При максимальном значении тока и напряжения в теле человека (SA16 и SA17 – в положении 1 кОм) вынуть перемычку П1 – схема с изолированной нейтралью. Далее, меняя величину емкости SA8 и сопротивления изоляции SA7 ЛЭП относительно земли, снять показания приборов «V3, В» и «A3, mA».

Занести показания индикаторов в таблицу. По окончании измерений вернуть переключатели SA7 и SA8 в положение 1 и 0 соответственно. Сделать вывод о влиянии схемы включения нейтрали.

Вернуть перемычку П1 – схема с глухозаземленной нейтралью. Включить круглый клавишный выключатель. Установить тумблер SA10 в нижнее положение – «Контакт с заземленным оборудованием», провести измерения при различных сопротивлениях пола (SA16) и обуви (SA17). Убедиться в увеличении тока и напряжения и независимости поражающего тока от величины сопротивления пола и обуви. Занести показания индикаторов в таблицу.

Установить тумблер SA10 в верхнее положение – «Контакт с фазой» – и повторить измерения при различных сопротивлениях пола и обуви. Занести показания индикаторов в таблицу. Убедиться в еще большем увеличении тока и напряжения и независимости поражающего тока от величины сопротивления пола и обуви. Сделать вывод об опасности одновременного контакта с различными фазными проводами и фазным проводом и заземленными корпусами оборудования.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Какие системы используются в электрических сетях напряжением до 1 кВ?
2. В каких случаях возможно поражение электрическим током?
3. В каких случаях применяется защитное заземление оборудования?
4. В чем заключается защитное действие заземления оборудования?
5. Какого значения в соответствии с ТКП 339–2011 не должно превышать сопротивление заземления?

Лабораторное занятие № 5

РАСЧЕТНАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАНУЛЕНИЯ

Цель занятия: освоить расчетный и практический методы проверки эффективности зануления электроустановок потребителей.

Приборы и оборудование: действующие приборы Щ-41160, розеточные группы для зануления электроустановок и подачи фазного напряжения.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания, уяснив основные термины, типы систем зануления и их выполнение, порядок расчета зануления на отключающую способность, характеристики используемого в работе прибора Щ-41160.

2. Выполнить расчетную проверку эффективности зануления по выданным преподавателем исходным данным и занести результаты в таблицу.

3. Под наблюдением преподавателя произвести измерение токов однофазного короткого замыкания на зануленных электроустановках прибором Щ-41160.

4. Проанализировать полученные расчетные и экспериментальные результаты и сделать вывод об эффективности (или неэффективности) системы зануления.

5. Оформить отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

1. Общие положения

Расчетная проверка эффективности зануления производится на стадии проектирования объекта электрификации. Для быстрого автоматического отключения участка сети с зануленными электроприемниками следует соблюсти условие

$$I_{кз}^{(1)} \geq kI_y, \quad (5.1)$$

где $I_{кз}^{(1)}$ – ток однофазного короткого замыкания в конце данного участка;

k – коэффициент чувствительности защиты (кратности тока);
 I_y – ток уставки защитного аппарата данной электрической установки.

Исходя из этого, необходимо, чтобы ток $I_{кз}^{(1)}$ не менее чем в 3 раза превышал номинальный ток плавкой вставки (ток уставки) I_y защищающего его предохранителя или номинальный ток расцепителя автомата с зависимой от тока характеристикой, например теплового расцепителя:

$$I_{кз}^{(1)} \geq 3I_y. \quad (5.2)$$

Во взрывоопасных помещениях или взрывоопасных наружных электроустановках при использовании предохранителей необходимо выполнить условие

$$I_{кз}^{(1)} \geq 4I_y, \quad (5.3)$$

а при использовании автоматических выключателей с зависимой характеристикой

$$I_{кз}^{(1)} \geq 6I_y. \quad (5.4)$$

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (отсеку), должен обеспечиваться ток не ниже уставки тока мгновенного срабатывания, умноженный на коэффициент, учитывающий разброс (по заводским данным), и на коэффициент запаса 1,1. В случае отсутствия заводских данных при использовании автоматического выключателя, имеющего расцепитель с независимой характеристикой (отсечкой), при номинальном токе автомата до 100 А ток однофазного короткого замыкания на зануленной электроустановке должен быть

$$I_{кз}^{(1)} \geq 1,4I_y, \quad (5.5)$$

а при номинальном токе более 100 А

$$I_{кз}^{(1)} \geq 1,25I_y. \quad (5.6)$$

Ток однофазного короткого замыкания для проверки указанных выше соотношений

$$I_{кз} = U_{\phi} / (Z_{\Pi} + Z_T), \quad (5.7)$$

где U_{ϕ} – фазное номинальное напряжение (обычно 220 В);

Z_{Π} – полное сопротивление петли «фаза–нуль», Ом;

Z_T – сопротивление фазы трансформатора току однофазного короткого замыкания, Ом.

Полное сопротивление петли «фаза–нуль» определяют по формуле

$$Z_{\Pi} = \sum_i^n l \sqrt{(R_{\phi} + R_n)^2 + (X_{\phi} + X_n + X_n)^2}, \quad (5.8)$$

где n – количество участков линии определенного сечения;

l – длина данного участка линии, м;

R_{ϕ} , R_n – удельные активные сопротивления соответственно фазного и нулевого проводников, Ом/км;

X_{ϕ} , X_n – удельные внутренние индуктивные сопротивления соответственно фазного и нулевого проводников, Ом/км (если проводники выполнены из цветных металлов, X_{ϕ} и X_n можно считать равными нулю);

X_{Π} – удельное внешнее индуктивное сопротивление петли проводников «фаза–нуль»: для воздушных линий – ориентировочно 0,6 Ом/км; для проводки на изоляторах внутри помещений – 0,5 Ом/км; для проводки на роликах – 0,4 Ом/км; для проводки в трубах – 0,15 Ом/км; для кабелей – 0.

$$R = \rho / S, \quad (5.9)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление материала: для меди $\rho = 18 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$, для алюминия $\rho = 28 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$;

S – площадь сечения проводника, мм^2 .

Сопротивление фазы трансформатора току однофазного короткого замыкания, Ом, при вторичном номинальном напряжении трансформатора 400/230 В можно приближенно рассчитать по формуле

$$Z_T = K_T / P_n, \quad (5.10)$$

где $K_T = 26$ при схеме трансформатора «звезда–звезда» с нулем и номинальном первичном напряжении $U_{н1} = 6–35$ кВ; $K_T = 7,5$ при схеме «звезда–зигзаг» с нулем и $U_{н1} = 6–10$ кВ; $K_T = 10$ при той же схеме и $U_{н1} = 20–35$ кВ. При вторичном номинальном напряжении 230/130 В все значения уменьшают в 3 раза;

P_n – номинальная мощность трансформатора, кВА.

Если разные участки линии выполнены проводниками неодинаковых марок, то Z_n вычисляют для каждого участка отдельно, а затем находят их арифметическую сумму.

Пример

Расчет эффективности зануления производится до самого удаленного электроприемника – электродвигателя вентиляционной установки, состоящей из трех участков (рис.).

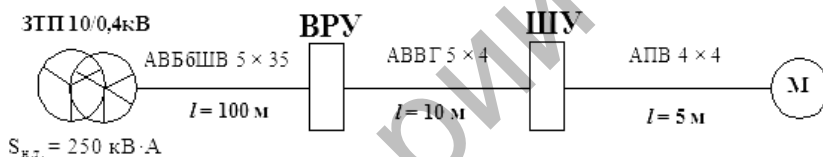


Рис. Функциональная схема зануления электроустановки

Электроприемник защищен автоматическим выключателем ВА51Г-25 с электромагнитным расцепителем:

$$I_{н. \text{ расц}} = 20 \text{ А}, \quad I_{н. \text{ авт}} = 25 \text{ А}, \quad I_{ср. \text{ расц}} = 20 \cdot 7 = 140 \text{ А}.$$

Решение

Трансформатор ТМ мощностью $P = 250$ кВ·А, а схема его соединения – «звезда–звезда с нулем».

Удельные сопротивления кабелей постоянному току:

$$R_{ф. \text{ у. } 1} = \frac{28}{35} = 0,8 \text{ Ом/км};$$

$$R_{ф. \text{ у. } 2} = \frac{28}{4} = 7 \text{ Ом/км};$$

$$R_{\text{ф. у. з}} = \frac{28}{4} = 7 \text{ Ом/км.}$$

Сопrotивление фазы трансформатора току однофазного короткого замыкания, Ом, при вторичном номинальном напряжении трансформатора 400/230 В можно приближенно рассчитать:

$$Z_{\text{T}} = \frac{26}{250} = 0,104 \text{ Ом.}$$

Полное сопротивление петли «фаза–нуль»:

$$Z_{\text{П}} = \sum_{i=1}^n l \sqrt{(R_{\text{ф}} + R_{\text{н}})^2 + (X_{\text{ф}} + X_{\text{н}} + X_{\text{п}})^2}.$$

Принимаем для кабельной линии $X_{\text{П}} = 0,15$ Ом/км (для воздушной линии $X_{\text{П}} = 0,6$ Ом/км):

$$\text{– на первом участке } Z_{\text{П1}} = 0,1 \sqrt{(0,8 + 0,8)^2 + 0,15^2} = 0,16 \text{ Ом;}$$

$$\text{– на втором участке } Z_{\text{П2}} = 0,01 \sqrt{(7 + 7)^2 + 0,15^2} = 0,14 \text{ Ом;}$$

$$\text{– на третьем участке } Z_{\text{П3}} = 0,005 \sqrt{(7 + 7)^2 + 0,15^2} = 0,04 \text{ Ом.}$$

Ток короткого замыкания (в дальнейшем ток к. з.):

$$I_{\text{кз}} = \frac{220}{0,16 + 0,14 + 0,04 + 0,104} = 495,5 \text{ А.}$$

Условие эффективности зануления:

$$I_{\text{кз}} \geq k I_{\text{у}};$$

$$495,5 \text{ А} \geq 1,25 \cdot 140 \text{ А;}$$

$$495,5 \text{ А} \geq 175 \text{ А.}$$

Так как полученное расчетное значение тока к. з. $I_{\text{кз. р}} = 495,5$ А превышает наименьший допустимый ток по условиям срабатывания автоматического выключателя защиты $I_{\text{кз. доп}} = 175$ А, то эффективность зануления в рассматриваемом случае обеспечена.

2. Экспериментальное исследование эффективности зануления

Для экспериментальной проверки эффективности зануления используют прибор Щ-41160.

Измеритель тока короткого замыкания цифровой Щ-41160 (в дальнейшем – измеритель) предназначен для измерения тока однофазного к. з. в цепи «фаза–нуль» в сетях переменного тока 400/230 В частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтральной точкой питающего трансформатора. Диапазон измерения тока однофазного к. з. – 10–1000 А.

В основу работы прибора положено измерение реального тока к. з. с ограничением времени протекания этого тока длительностью не более 14 мс. Однофазное короткое замыкание производится через тиристор и шунт.

На задней панели прибора имеются зажимы для подключения к сети: «нуль», «фаза $r_{огр}$ » и «фаза». При неизвестном порядке ожидаемого тока к. з. сначала к фазному проводу сети подключают зажим прибора «фаза $r_{огр}$ ». При этом в цепь включается токоограничивающий резистор.

На задней панели имеются также разъем и зажим для метрологической поверки измерителя и шунта (во время измерений они не используются), а также отсек для батареи питания памяти прибора, зажим для его заземления и предохранитель.

Измеритель присоединяется к фазе и нулю сети маркированными проводами с соблюдением соответствия маркировки зажима сети и прибора. Затем нажимают на кнопку ПТН (питание), после чего на индикаторе высвечиваются нули, что свидетельствует о готовности прибора к работе. Затем нажимают кнопку ИЗМ (измерение) и считывают результат с индикатора. Свечение только первого слева разряда означает, что ток более 2 кА.

Если в момент измерения сеть отключается ее защитой от тока к. з. (установочным автоматическим выключателем), в результате чего цифровой индикатор гаснет, то измерение повторяют в следующей последовательности: включают автомат защиты сети; нажимают на кнопку ПТН, затем – на ПМТ (память) для запоминания результата измерения на случай вторичного отключения сети; нажимают на кнопку ИЗМ. Если сеть опять отключается, повторно

включают ее автомат, отжимают кнопку ПТН и через 2–3 с снова нажимают. На индикаторе высвечивается результат измерения. После его записи кнопку ПМТ отжимают для предотвращения разрядки батареи питания памяти.

Если измеренный ток не превышает 535 А, надо отсоединить фазу в сети от зажима «фаза $r_{отр}$ », присоединить ее к зажиму «фаза» и повторить измерение (не ранее чем через 15 мин).

Если результат измерения тока к. з. с ограничивающим резистором превышает 535 А, то ориентировочное значение тока к. з. определяется по формуле

$$I_{кз} = \frac{220}{\frac{220}{I_{изм}} - 0,3}, \quad (5.11)$$

где $I_{изм}$ – показание измерителя.

Измеритель напряжения прикосновения и тока короткого замыкания ЭКО 200 предназначен для проведения измерений действующих значений напряжения прикосновения на электрифицированных объектах и токов к. з. в цепи «фаза–нуль» в сетях переменного тока 400/230 В частотой 50 (60) Гц с глухозаземленной нейтралью.

Диапазоны измерения тока к. з., кА: 0–0,2; 0–1; 0–2.

В состав измерителя входят:

- блок короткозамыкателя;
- блок измерения;
- соединительные провода;
- шнуры.

На передней панели блока короткозамыкателя размещены зажимы для подключения соединительных проводов ФАЗА и НУЛЬ, разъем для подключения к блоку измерения БИ, кнопка ПИТАНИЕ, кнопка ИЗМЕРЕНИЕ и переключатель ПАМЯТЬ, световые индикаторы включения питания и памяти.

На задней панели находится отсек, где размещены предохранители 1,0 А, 100 А и зажим для поверки шунта.

На передней панели блока измерения размещены зажимы «←» и «кА, V» для подключения к блоку короткозамыкателя при измерении тока к. з. и к объекту измерения при измерении напряжения прикосновения; показывающее устройство; переключатель диапазонов

измерения тока и напряжения; световой индикатор разряда источника питания КН (контроль напряжения); переключатель включения питания; переключатели, моделирующие напряжение прикосновения при измерениях сопротивления тела животного и человека, «0,2 кОм» и «1 кОм» и кнопка СБРОС для сброса показаний.

В режиме измерения тока к. з. входы «кА, V» и «←» блока измерения с помощью шнура подключаются к выходу БИ блока короткозамыкателя и измеряется ток к. з. объекта. В режиме измерения напряжения прикосновения блок измерения отключается от блока короткозамыкателя. После указанных подключений необходимо установить переключатели ПИТАНИЕ блока измерения и ПАМЯТЬ блока короткозамыкателя в положение ОТКЛ.

Перед началом измерений надо еще раз проверить надежность и правильность подключения соединительных проводов к блоку короткозамыкателя и к проверяемой цепи. Измеряемая цепь «фаза–нуль» одновременно является источником питания блока короткозамыкателя.

В случае, когда порядок тока к. з. цепи «фаза–нуль» неизвестен, измерения необходимо начинать с ограничивающим резистором, т. е. подключать фазу объекта к зажиму ФАЗА $r_{огр}$. Если результат измерения тока к. з. превысит значение 535 А, т. е. максимально допустимую величину, то производить измерения без ограничивающего резистора нельзя.

В этом случае ориентировочную величину тока к. з. можно определить по формуле (5.11).

Измерение тока к. з. производится в следующей последовательности.

Кнопкой ПИТАНИЕ включить блок короткозамыкателя. Загорание индикатора, расположенного над кнопкой ПИТАНИЕ, свидетельствует о готовности к работе блока короткозамыкателя.

Включить переключатель ПИТАНИЕ блока измерения, установить диапазон измерений 2 кА и нажать на кнопку СБРОС.

Выдержать блок измерения и блок короткозамыкателя под напряжением в течение 5 мин. Нажать на кнопку СБРОС блока измерения.

Нажать на кнопку ИЗМЕРЕНИЕ блока короткозамыкателя. Происходит первый такт закорачивания цепи «фаза–нуль», при котором определяется угол сдвига установившегося значения тока по отношению к напряжению. По величине отклонения стрелки блока измерения установить необходимый диапазон измерения тока.

Перейти в режим измерения тока, установить переключатель ПАМЯТЬ в положение ВКЛ (устанавливать только при индикации режима ПАМЯТЬ; в случае, если индикатор не загорается, нажать на кнопку ИЗМЕРЕНИЕ повторно).

Нажать на кнопку СБРОС блока измерения, а затем – на кнопку ИЗМЕРЕНИЕ блока короткозамыкателя. Произвести отсчет показаний на блоке измерения. Интервал между измерениями должен составлять не менее 15 с.

Примечание. Перед каждым последующим измерением необходимо производить сброс предыдущих показаний нажатием на кнопку СБРОС блока измерения.

3. Порядок выполнения расчетов и проведения измерений

Подготовить таблицу для записи результатов расчетов и измерений.

Преподаватель повариантно выдает исходные данные для расчетного определения эффективности зануления электроустановок потребителей с линейным напряжением 400 В, эксплуатируемых во взрывобезопасных помещениях: мощность трансформаторной подстанции P_n , длину воздушной линии l , ток уставки защитного аппарата I_y , площади сечений фазных проводников S_ϕ и нулевого S_n .

После занесения указанных исходных данных в таблицу воспользоваться формулами (5.1–5.10), полученные данные занести в табл. 5.1.

На основании проведенных расчетов сделать вывод об эффективности или неэффективности зануления и в последнем случае предложить мероприятия по повышению эффективности до нормированного значения.

Таблица 5.1

Результаты экспериментальной проверки эффективности зануления

Исходные данные		Полученные данные	
Параметры	Значение	Параметры	Значение
U_ϕ , В		R_ϕ , Ом/км	
l , км		R_n , Ом/км	
Вид защиты		X_n , Ом/км	
Условия эксплуатации		ρ , $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{км}}$	
I_y , А		Z_{II} , Ом	
Марка проводника		K	

Исходные данные		Полученные данные	
Параметры	Значение	Параметры	Значение
$S_{\text{ф}}, \text{мм}^2$		$\frac{Z_{\text{тр}}}{3}, \text{Ом}$	
$S_{\text{н}}, \text{мм}^2$		$I_{\text{кз}}^{(1)}, \text{А}$	
$P_{\text{н}}, \text{кВА}$		$kI_{\text{в}}, \text{А}$	

Для экспериментальной проверки эффективности зануления под наблюдением преподавателя подключить (в количестве 2–3 человек) прибор Щ-41160 и провести измерение тока однофазного короткого замыкания $I_{\text{кз. ф. 1}}^{(1)}$, получаемого в случае пробоя напряжения на зануленный корпус розетки и трубопровода с электрокабелем.

Полученные данные занести в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Результаты экспериментальной проверки
эффективности зануления измерителем Щ-41160

Параметры	Значение
$I_{\text{кз. ф. 1}}^{(1)}, \text{А}$	
$I_{\text{у. выкл}}, \text{А}$	
$kI_{\text{у. выкл}}, \text{А}$	

Сделать вывод об эффективности существующей системы зануления, исходя из фактической величины тока уставки автоматического выключателя $I_{\text{у. выкл}}$ при нормальных (взрывобезопасных) условиях эксплуатации.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Какие типы систем зануления используются в электроустановках? Каковы их достоинства и недостатки?
2. Назовите условие эффективности зануления. Как посредством расчета определить ток однофазного короткого замыкания?
3. Поясните порядок подготовки прибора Щ-41160 к работе и порядок измерения этим прибором токов короткого замыкания.
4. Назовите способы практического повышения эффективности зануления.

Лабораторное занятие № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКА ЗАМЫКАНИЯ ЗАЗЕМЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЗАМЫКАНИИ ФАЗЫ НА ЕГО КОРПУС

Цель занятия: провести экспериментальные исследования тока замыкания заземленного оборудования при замыкании фазы на его корпус.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд «Электробезопасность» НТЦ-17.55.3.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Подготовить таблицу для фиксации результатов измерений и расчетов.
3. Проанализировать результаты проведенных экспериментов и сделать вывод.
4. Оформить отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

1. Общие положения

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм местного и общего характера. Степень поражения человека электрическим током зависит в конечном счете от величины тока, которая, в свою очередь, определяется родом и частотой тока, сопротивлением тела человека и временем протекания тока через организм человека.

Электробезопасность обеспечивается конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты, а также организационными и техническими мероприятиями.

К техническим способам и средствам защиты относятся: защитное заземление, зануление, выравнивание потенциалов, применение малого (сверхнизкого) напряжения, электрическое разделение сетей, защитное отключение, изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная), оградительные устройства, предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности, средства индивидуальной защиты и предохранительные устройства.

В настоящей работе рассматривается такой способ защиты, как защитное заземление.

Защитное заземление – это преднамеренное соединение с «землей» или ее эквивалентом металлических частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции фаз. Связь металлических конструкций электрических установок и корпусов электроприемников с землей осуществляется посредством заземляющих проводников и металлических электродов (труб, стержней, уголков, полос), располагаемых в земле и называемых заземлителями. Совокупность заземлителей и заземляющих проводников называется заземляющим устройством.

Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения электрическим током, если человек коснется корпуса электрической установки, находящегося под напряжением при нарушении изоляции фаз.

Защитное заземление применяется в электрических сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и в сетях напряжением более 1000 В с любым режимом нейтрали.

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении напряжения на корпусе электроустановки до безопасного значения. величиной, характеризующей степень опасности прикосновения человека к корпусу электрической установки, находящейся под напряжением, является напряжение прикосновения, которое представляет собой разность потенциалов заземлителя φ_3 и основания φ_{oc} :

$$U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_{oc} = \varphi_3 - \varphi_{oc}(1 - r/x) = \varphi_3 \alpha, \quad (6.1)$$

где α – коэффициент прикосновения;

r – радиус заземлителя;

x – расстояние от электрооборудования до заземлителя.

Защитное заземление в сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью без зануления не применяется, т. к. не обеспечивает безопасности человека. Это объясняется тем, что ток замыкания на земли в сети с глухозаземленной нейтралью не зависит от сопротивления изоляции фаз и величина его значительно больше, чем в сети с изолированной нейтралью.

2. Исследование тока замыкания заземленного оборудования при замыкании фазы на его корпус

Проверить исходное положение органов управления стенда.

Включить стенд автоматическим выключателем QF1 «Сеть».

Соединить перемычкой П1 нейтраль трансформатора с контуром заземления – схема с глухозаземленной нейтралью. Установить тумблер SA11 «Контакт с корпусом оборудования» в нейтральное положение. Включить УЗО QF2. Включить автомат QF3. Установить переключатель SA12 в положение «4 Ом». Включить тумблер SA14 вверх – «Замыкание на корпус».

Зафиксировать показания прибора «А4, А». Занести показания индикаторов в таблицу. При положении SA12 «4 Ом» отметить срабатывание автомата QF3 через непродолжительное время. После срабатывания автомата QF3 отключить тумблер SA14 «Замыкание на корпус», сделать паузу на 1–2 мин, а затем включить автоматический выключатель и далее тумблер SA14. Изменяя сопротивление заземления галетным переключателем SA12, зафиксировать показания прибора «А4, А» и отметить увеличение времени срабатывания автомата QF3. Сделать вывод о влиянии величины сопротивления заземления на ток замыкания и работу аппаратов защиты.

Таблица

Результаты исследования тока замыкания заземленного оборудования при замыкании фазы на его корпус (с глухозаземленной нейтралью)

Перемычка П2	$R_{\text{заземл}}, \text{ Ом}$	$R_0, \text{ Ом}$	Ток, А	Заключение о качестве защиты
Отсутствует	4	–		
	10	–		
	20	–		
	40	–		
	100	–		
Установлена	4	1		
	10	2		
	20	5		
	40	10		
	100	20		

Повторить опыты при дополнительно установленной перемычке П2, соединяющей корпус оборудования с контуром заземления N1, для различных положений SA12 и нескольких значений R_0 (SA9), зафиксировать показания прибора «А4, А». После срабатывания автомата QF3 отключить тумблер SA14 «Замыкание на корпус», сделать паузу на 1–2 мин, а затем включить автомат и далее тумблер SA14.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Каково назначение защитного заземления?
2. Что называется заземляющим устройством?
3. В каких сетях применяется защитное заземление?
4. Какие части электроустановок подлежат заземлению и занулению?
5. Можно ли обеспечить безопасность сети с заземленной нейтралью при выполнении только заземления электроприемника?
6. Можно ли осуществлять в одном помещении заземление одних электроприемников и зануление других?

Лабораторное занятие № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКА, ПРОХОДЯЩЕГО ЧЕРЕЗ ТЕЛО ЧЕЛОВЕКА ПРИ СОПРИКОСНОВЕНИИ С КОРПУСОМ ЗАЗЕМЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ, НАХОДЯЩЕГОСЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

Цель работы: провести экспериментальные исследования тока, проходящего через тело человека при соприкосновении с корпусом заземленного оборудования, находящегося под напряжением.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд «Электробезопасность» НТЦ-17.55.3.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Подготовить таблицу для фиксации результатов измерений и расчетов.
3. Проанализировать результаты проведенных экспериментов и сделать вывод.
4. Оформить отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

1. Общие положения

Тяжесть поражения определяется в первую очередь значением тока, зависящим от напряжения прикосновения $U_{пр}$ и электрического сопротивления $R_{ч}$ тела человека, а также временем его воздействия. При длительности воздействия более 0,2 с резко возрастает тяжесть поражения, что связано с особенностями кардицикла человека. Поэтому время срабатывания быстродействующей защиты отключения должно быть менее 0,2 с.

Кроме указанных выше факторов на исход поражения влияют:

- род и частота тока (постоянный менее опасен до напряжения 1000 В, возможность поражения снижается с увеличением частоты);
- путь тока через тело человека (наиболее опасны пути «голова–руки», «голова–ноги», «рука–рука», наименее – «нога–нога»);
- место контакта на теле человека (в точках акупунктуры сопротивление кожи на один–два порядка меньше соседних участков);
- так называемый «фактор внимания» (у сосредоточенного человека кровообращение центральной нервной системы усиливается;

это вызывает повышение потребления кислорода, что, в свою очередь, приводит к увеличению числа электронов в процессах биохимических реакций обмена веществ, а усиленный поток электронов сложнее нарушить импульсом тока);

– индивидуальные свойства человека (его психофизическое состояние, масса, пол, возраст) и условия внешней среды (в первую очередь параметры воздуха: температура, влажность, парциальное давление кислорода, наличие агрессивной среды, токопроводящей пыли, а также сопротивление основания, на котором находится человек).

Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения $U_{пр}$ и токов $I_ч$ через человека (по пути «рука–рука», «рука–ноги») нормирует ГОСТ 12.1.038–82. Для нормального режима электроустановок значения сети при продолжительности воздействия не более 10 мин в сутки не должны превышать соответственно величины:

Таблица 7.1

Значения сети при продолжительности воздействия не более 10 мин в сутки, не более

f , Гц	$U_{пр}$, В	$I_ч$, мА
Для переменного тока:		
для сети 50 Гц	2	0,3
для сети 400 Гц	3	0,4
для постоянного тока	8	1,0

При этом сопротивление тела человека $R_ч$ принято равным 6,7 кОм. Если температура воздуха выше 25 °С, а относительная влажность более 75 %, значения $U_{пр}$ и $I_ч$ должны быть уменьшены в три раза.

Наиболее опасным является аварийный режим электроустановок, для которых при напряжении до 1000 В независимо от режима нейтрали и выше 1000 В для сети с изолированной нейтралью установлены следующие предельно допустимые уровни для производственных электроустановок:

1) в аварийном режиме при $t > 1$ с (что имеет место при отсутствии в электроустановке отключающего устройства):

- $U_{пр} = 20$ В, $I_ч = 6$ мА (для сети 50 Гц);
- $U_{пр} = 36$ В, $I_ч = 8$ мА (для сети 400 Гц);
- $U_{пр} = 40$ В, $I_ч = 15$ мА (для постоянного тока);

2) для бытовых электроустановок промышленной частоты:

– $U_{\text{пр}} = 25 \text{ В}$, $I_{\text{ч}} = 25 \text{ мА}$ при $t = 1 \text{ с}$;

– $U_{\text{пр}} = 12 \text{ В}$, $I_{\text{ч}} = 2 \text{ мА}$ при $t > 1 \text{ с}$.

Сопротивление тела человека $R_{\text{ч}}$ для аварийного режима производственных электроустановок принимается равным 0,85 кОм при $t \leq 0,5 \text{ с}$, а при $t > 0,5 \text{ с}$ оно имеет нелинейный характер в функции от $U_{\text{пр}}$, и чем меньше приложенное напряжение, тем выше значение сопротивления (например, $R_{\text{ч}} = 1500 \text{ Ом}$ при $U_{\text{пр}} = 50 \text{ В}$, $R_{\text{ч}} = 1900 \text{ Ом}$ при $U_{\text{пр}} = 40 \text{ В}$, $R_{\text{ч}} = 3300 \text{ Ом}$ при $U_{\text{пр}} = 20 \text{ В}$). Для бытовых электроустановок сопротивление берется равным 1 кОм при $t < 1 \text{ с}$ и 6 кОм при $t > 1 \text{ с}$, что также связано со значением предельно допустимого уровня напряжения прикосновения.

В сети с глухозаземленной нейтралью напряжением выше 1000 В:

Таблица 7.2

Время воздействия электрического тока в зависимости от напряжения прикосновения

$U_{\text{пр}}, \text{ В}$	$t, \text{ с}$
500	0,1
400	0,2
200	0,5
100	1
65	$1 < t \leq 5$

Значение тока, протекающего через тело человека при его прикосновении к токоведущим частям электроустановки или сети, кроме отмеченных ранее факторов зависит также от схемы включения человека в электрическую цепь и от параметров самой сети (сопротивления изоляции и емкости фаз относительно земли, режима нейтрали и т. д.).

По технологическим соображениям и условиям электробезопасности при напряжении до 1000 В применяются преимущественно трехфазные четырехпроводные сети с глухозаземленной нейтралью, а также трехфазные трехпроводные сети с изолированной нейтралью; при напряжении от 1000 В до 35 кВ включительно – трехпроводные линии с изолированной нейтралью; от 110 кВ и выше – трехпроводные линии с эффективным заземлением нейтрали, при котором в случае замыкания одной или двух фаз на землю напряжения неповрежденных фаз относительно земли в месте замыкания не превышают $1,4U_{\text{ф}}$.

Можно условно выделить три схемы прикосновения человека к трехфазной электрической сети:

- а) двухфазное прикосновение к токоведущим частям;
- б) однофазное прикосновение к токоведущим частям;
- в) прикосновение к заземленным нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением.

Двухфазное прикосновение к токоведущим частям – одновременное прикосновение человека к двум фазам сети. Напряжение прикосновения равно линейному $U_{пр} = U_{л} = 3U_{ф}$, а ток, проходящий через человека, определяется по формуле

$$I_{ч} = U_{л} / R_{ч}, \quad (7.1)$$

где $R_{ч}$ – сопротивление тела человека.

При двухфазном прикосновении ток не зависит от режима нейтрали, т. к. он замыкается по пути «рука–рука» и определяется лишь сопротивлением на своем пути, т. е. сопротивлением тела человека, а также дополнительным сопротивлением, если оно есть.

Однофазное прикосновение к токоведущим частям – прикосновение к одной фазе электроустановки, находящейся под напряжением. К однофазному прикосновению также будут относиться и случаи прикосновения к незаземленным корпусам электроустановки, которые в результате случайного замыкания оказались под напряжением. Существенно влияет на условия безопасности при однофазном прикосновении режим нейтрали.

При однофазном прикосновении к сети с изолированной нейтралью ток $I_{ч}$, проходящий через человека, замыкается через землю, сопротивление изоляции и емкости двух других фаз относительно земли. При равенстве сопротивлений $r_A = r_B = r_C = r$ и емкостей $C_A = C_B = C_C = C$ этот ток в комплексной форме определяется из выражения

$$I_{ч} = U_{пр} / (R_{ч} + Z / 3), \quad (7.2)$$

где $R_{ч}$ – суммарное сопротивление цепи, включающее в себя сопротивление тела человека, обуви, пола или основания, отделяющего человека от земли;

$U_{\text{пр}} = U_{\text{ф}} - U_0$ – напряжение прикосновения;
 Z – комплексное сопротивление фазы относительно земли.

Для воздушных сетей до 1000 В малой протяженности емкость фаз относительно земли невелика ($C \approx 0$). Если ею пренебречь, а также принять, что $U_{\text{пр}} = U_{\text{ф}}$, тогда выражение (7.2) будет иметь вид:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + r / 3), \quad (7.3)$$

где r – сопротивление изоляции фазы относительно земли.

Для случая больших активных сопротивлений по сравнению с емкостными (т. е. $r \rightarrow \infty$, что обычно имеет место в кабельных сетях) выражение (7.2) примет вид:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{\sqrt{R_{\text{ч}}^2 + (x_{\text{с}} / 3)^2}} = \frac{U_{\text{ф}}}{\sqrt{R_{\text{ч}}^2 + (3\omega C)^2}}, \quad (7.4)$$

где $x_{\text{с}} = 1 / \omega C$ – емкостное сопротивление провода относительно земли;
 ω – угловая частота ($\omega = 2\pi f$);
 C – емкость фазы относительно земли.

Во всех случаях однофазного прикосновения к сети с изолированной нейтралью безопасность человека полностью определяется сопротивлением изоляции относительно земли. Однако подавляющее большинство разветвленных сетей имеет значительную емкость ($C > 0,1$ мкФ на фазу), которая определяется чисто конструктивными параметрами (протяженностью сети, толщиной фазной изоляции жил кабеля и т. д.). Поэтому однофазное прикосновение в таких сетях будет опасно для людей даже при хорошем состоянии изоляции фаз.

При однофазном прикосновении к сети с глухозаземленной нейтралью образуется цепь тока «фаза–человек–земля–нейтраль–фаза», минуя сопротивление изоляции, т. к. оно велико по сравнению с сопротивлением нейтрали. Учитывая, что сопротивление рабочего заземления нейтрали r_0 для сетей напряжением до 1000 В не превышает 10 Ом, что на три–четыре порядка меньше сопротивления $R_{\text{ч}}$, выражение тока, проходящего через человека, будет иметь вид:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + r_0) \approx U_{\text{ф}} / R_{\text{ч}}. \quad (7.5)$$

Если сопротивление обуви $R_{об} = 0$ и сопротивление основания $R_{ос} = 0$, прикосновение к фазе в этом случае может оказаться смертельным.

Прикосновение к нетоковедущим металлическим частям электроустановки, оказавшейся под напряжением, практически так же опасно, как и прикосновение к токоведущим частям. С целью устранения опасности поражения при появлении напряжения на корпусах электрооборудования применяют следующие меры защиты: двойную изоляцию, выравнивание потенциалов, использование малых напряжений (не более 42 В), защитное заземление, зануление, защитное отключение.

Необходимо еще раз подчеркнуть роль изоляции как основного средства электробезопасности, а также надежности работы электрооборудования. В соответствии с нормами сопротивление изоляции каждой фазы относительно земли силовых и осветительных электропроводок, а также между каждой парой фаз на любом участке между двумя последовательно установленными аппаратами защиты должно быть не ниже 0,5 мОм.

В процессе эксплуатации изоляция электрических сетей и электрооборудования под воздействием влажности, пыли, химически активных веществ, температуры и других факторов со временем стареет, что выражается в снижении электрической и механической прочности. При уменьшении активного сопротивления изоляции на 30 % и больше по сравнению с предыдущим измерением изоляция считается негодной и подлежит замене.

2. Подготовка лабораторного стенда к работе

1. Вилку кабеля питания включить в розетку электросети 400 В, 50 Гц.

2. Проверить исходные положения тумблеров и автоматов на панели стенда:

SA1 – вниз («Выкл.»);

SA3 – «Откл.»;

все клавишные выключатели – «Выкл.»;

SA4 – вниз («Выкл.»);

QF2 – вниз («Выкл.»);

QF3 – вниз («Выкл.»);

- SA7 – «∞»;
- SA8 – «0»;
- SA10 и SA11 – среднее положение;
- SA14 – вниз («Выкл.»);
- SA15 – вниз («Выкл.»).

3. Включить автоматический выключатель QF1 «Сеть». Через несколько секунд на индикаторах высветятся нулевые показания – стенд подготовлен к выполнению лабораторных работ.

Уточнить у преподавателя, какие исследования необходимо провести.

4. Проверить исходное положение органов управления стенда.

5. Включить стенд автоматом QF1 «Сеть».

6. Установить тумблер SA10 и SA11 в среднее положение. Включить УЗО QF2. Включить клавишный выключатель «Вкл. ~220 В». Установить тумблер SA11 вверх – «Контакт с фазой». Изменяя величину сопротивления пола и обуви галетными переключателями SA16 и SA17, занести показания индикаторов «V3, В» и «A3, мА» в табл. 7.3 и 7.4 для случая контакта с токоведущим проводником, где ток протекает через тело человека в землю.

Таблица 7.3

Результаты исследования тока, проходящего через тело человека при контакте с токоведущим проводником в сети с изолированной нейтралью ($R_{\text{пола}} = R_{\text{обуви}} = 1 \text{ кОм}$)

R_{ABC} , кОм	C_{ABC} , мкФ	Напряжение, В	Ток, мА	Заключение об опасности поражения током
100	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			
20	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			
5	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			

R_{ABC} , кОм	C_{ABC} , мкФ	Напряжение, В	Ток, мА	Заключение об опасности поражения током
1	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			

Таблица 7.4

Результаты исследования тока, проходящего через тело человека при контакте с заземленным оборудованием и двумя разными фазами в сети с глухозаземленной нейтралью

Схема поражения электрическим током	$R_{\text{пола}}$, кОм	$R_{\text{обуви}}$, кОм	Напряжение, В	Ток, мА	Заключение об опасности поражения током
Контакт с заземленным оборудованием в схеме с глухозаземленной нейтралью	10	30			
		10			
	1	30			
		10			
Контакт с двумя разными фазами в схеме с глухозаземленной нейтралью	10	30			
		10			
	1	30			
		10			

При максимальном значении тока и напряжения в теле человека (SA16 и SA17 – в положении 1 кОм) вынуть перемычку П1 – схема с изолированной нейтралью. Меняя величину емкости SA8 и сопротивления изоляции SA7 ЛЭП относительно земли, снять показания приборов «V3, В» и «A3, мА».

Занести показания индикаторов в табл. 7.5.

Установить тумблер SA10 в нижнее положение – «Контакт с заземленным оборудованием». Меняя величину емкости SA8 и сопротивления изоляции SA7 ЛЭП относительно земли, снять показания приборов «V3, В» и «A3, мА». Занести показания индикаторов в табл. 7.6.

Таблица 7.5

Результаты исследования тока, проходящего через тело человека при контакте с двумя разными фазами в сети с изолированной нейтралью ($R_{\text{пола}} = R_{\text{обуви}} = 1 \text{ кОм}$)

R_{ABC} , кОм	C_{ABC} , мкФ	Напряжение, В	Ток, мА	Заключение об опасности поражения током
100	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			
20	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			
5	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			
1	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			

Таблица 7.6

Результаты исследования тока, проходящего через тело человека при контакте с фазой и заземленным оборудованием в сети с изолированной нейтралью ($R_{\text{пола}} = R_{\text{обуви}} = 1 \text{ кОм}$)

R_{ABC} , кОм	C_{ABC} , мкФ	Напряжение, В	Ток, мА	Заключение об опасности поражения током
100	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			
20	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			

R_{ABC} , кОм	C_{ABC} , мкФ	Напряжение, В	Ток, мА	Заключение об опасности поражения током
5	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			
1	0,1			
	0,2			
	0,5			
	1			

Сделать вывод о степени опасности поражения электрическим током при одновременном касании фазного провода и заземленного оборудования даже в сетях с изолированной нейтралью при значительных значениях емкости и малом сопротивлении изоляции ЛЭП относительно земли.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Что понимается под аварийным режимом электроустановок?
2. Схемы прикосновения человека к трехфазной электрической сети.
3. Что понимается под однофазным прикосновением к сети с изолированной нейтралью?
4. Что понимается под однофазным прикосновением к сети с глухозаземленной нейтралью?
5. Основные методы и средства обеспечения электробезопасности.
6. Защитное заземление: правила выполнения, область применения, сравнительная характеристика преимуществ и недостатков.
7. Зануление: правила выполнения, область применения, сравнительная характеристика преимуществ и недостатков.
8. Защитное отключение: правила выполнения, область применения, сравнительная характеристика преимуществ и недостатков.

Лабораторное занятие № 8

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

Цель занятия: освоить методику и практические приемы измерения и расчета удельного сопротивления грунта.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд и приборы Ф-4103 и М416.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Подготовить таблицу для фиксации результатов измерений и расчетов.
3. Произвести измерения и сопоставить их результаты с расчетными значениями, сделать вывод.
4. Оформить отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

1. Общие положения

Устранение опасности поражения током в случае прикосновения к открытым проводящим частям электроустановок, оказавшихся под напряжением (защитное заземление), а также обеспечение надежной работы электроустановок в нормальных условиях (рабочее заземление) достигаются подключением их к заземляющим устройствам ЗУ, представляющим собой совокупность заземляющих проводников и заземлителей.

При проектировании заземляющих устройств необходимо знать эквивалентное удельное электрическое сопротивление (далее удельное сопротивление) грунта ρ в том месте, где будет сооружаться заземление.

Значение ρ земли колеблется в широких пределах – от десятков до тысяч Ом на метр, т. к. зависит от влажности грунта, температуры, рода грунта, степени его уплотнения, времени года и др. Абсолютно сухой грунт является весьма плохим проводником тока. Малейшее увлажнение резко снижает его сопротивление. Степень и характер изменений ρ в течение года зависит от рода грунта, местности, климатических и погодных условий, количества растворенных в почве солей и др. Уменьшение удельного сопротивления происхо-

дит, как правило, в весенние и осенние месяцы года при увеличении содержания влаги в почве. Увеличение удельного сопротивления происходит зимой вследствие замерзания, а летом – испарения влаги, причем более высокое значение ρ наблюдается зимой.

При проектировании заземляющих устройств в качестве расчетного необходимо брать наибольшее возможное значение удельного сопротивления грунта.

2. Проведение измерений и определение величин

Удельное сопротивление грунта определяется в два этапа. Вначале измеряется сопротивление растеканию $R_{\text{изм}}$ одиночного заземлителя, погруженного в землю на участке, где будет сооружаться заземление, называемого контрольным зондом (электродом). После подстановки $R_{\text{изм}}$ в формулу вычисляется:

$$\rho_{\text{изм}} = R_{\text{изм}} \frac{2\pi l}{\ln(4l/d)}, \quad (8.1)$$

где l и d – длина и диаметр стержня, м.

Принцип измерения сопротивления грунта методом контрольного зонда (электрода), который реализован в приборах типа Ф-4103, заключается в том, что с помощью амперметра измеряется ток I_x , проходящий через контрольный зонд X в землю, а с помощью вольтметра – потенциал этого зонда (рис. 8.1). В результате получается искомое сопротивление растеканию контрольного зонда, Ом:

$$R_{\text{изм}} = \frac{U}{I_x}. \quad (8.2)$$

На приведенной схеме (рис. 8.1) кроме контрольного зонда X требуется еще два вспомогательных электрода: токовый электрод T , предназначенный для создания цепи тока I_x , и потенциальный электрод Π , служащий для подключения одного из зажимов вольтметра к точке земли с условным нулевым потенциалом. Эта же схема может быть использована для измерения сопротивления группового заземлителя с соблюдением указанных расстояний более 20 м между заземлителем и вспомогательными электродами.

правильно, если $R_{\text{изм}}$, измеренное при крайних из трех положений П, отличается не более чем на 10 %, за результат же принимается $R_{\text{изм}}$, измеренное при $0,5L_{\text{эт}}$. При отличии $R_{\text{изм}}$ более чем на 10 % увеличивают $L_{\text{эт}}$ в 1,5–2 раза и повторяют все измерения. Если и в этом случае различие будет более 10 %, надо изменить направление забивки Т и П и повторить измерения.

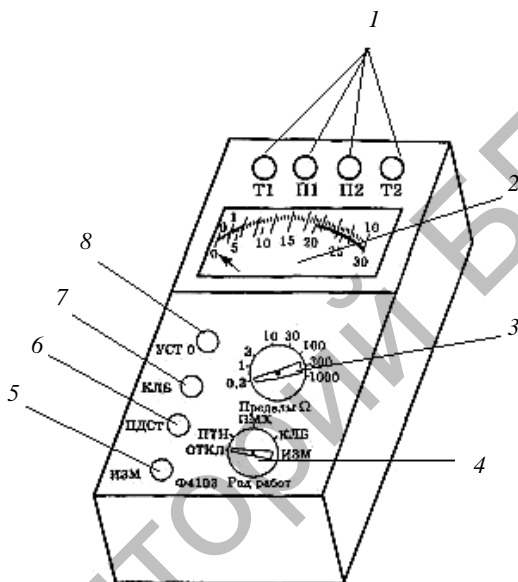


Рис. 8.2. Прибор Ф-4103 для измерения сопротивления заземления:

1 – зажимы для присоединения к проверяемому и вспомогательным заземлителям;

2 – шкала стрелочного индикатора; 3 – переключатель диапазона;

4 – переключатель «Род работы»; 5 – кнопка ИЗМ; 6 – рукоятка ПДСТ;

7 – рукоятка КЛБ; 8 – рукоятка «Уст. 0»

Порядок измерения: подключить прибор к источнику питания или зарядить отсек питания девятью элементами А373. Переключатель 4 установить в положение ПТН, а переключатель 3 – на предел измерений 0–0,3 Ом. Шунтировать коротко зажимы Т1, Т2, П1, П2 и нажать на кнопку 5 (ИЗМ). Если напряжение питания нормальное, стрелка прибора займет положение на шкале 2 в пределах зачерненной зоны. Затем проверяют калибровку. Для этого переключатель 4 устанавливают в положение КЛБ и рукояткой 8 устанавливают

стрелку шкалы 2 на «0». Затем нажать на кнопку 5 и рукояткой 7 (КЛБ) установить стрелку прибора на отметку 30. Расшунтировать зажимы Т1, Т2, П1, П2, переключатели установить в положение ПМХ и 0,3, затем нажать на кнопку 5. Если стрелка отклонится за пределы шкалы, перевести переключатель 3 на диапазон 0–1 Ом, потому что на диапазоне 0–0,3 Ом уровень помех недопустимо велик и точность не гарантируется. Калибровать измерительный ток на новом диапазоне, затем установить переключатель 4 в положение ИЗМ и, нажав на кнопку 5, отсчитать по шкале 2 значение $R_{изм}$.

В отличие от измерения сопротивления заземления (рис. 8.3), измерение удельного сопротивления грунта производится подключением к клеммам П2 и Т2 вместо ЗУ контрольного зонда (электрода). Удельное сопротивление грунта подсчитывается по вышеприведенной формуле (8.2).

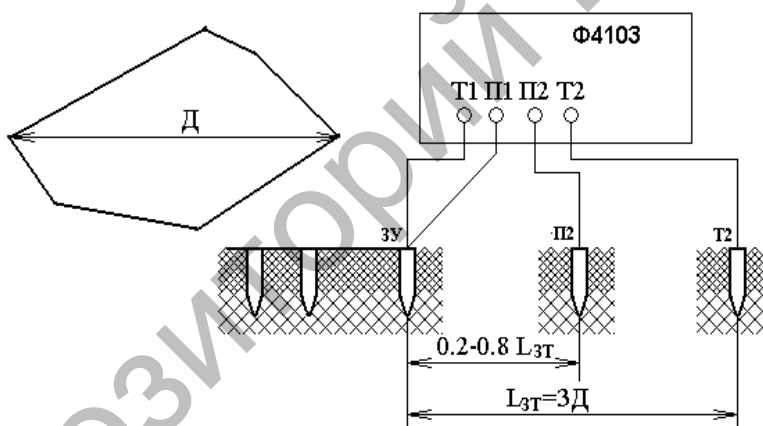


Рис. 8.3. Схема измерения сопротивления заземляющего устройства прибором Ф-4103

Второй способ определения удельного сопротивления грунта прибором Ф-4103 по симметричной схеме Веннера заключается в следующем. На испытуемом участке земли по прямой линии забиваются четыре стержня на расстоянии a друг от друга (рис. 8.4).

Зажимы Т1 и Т2 подсоединяют к крайним стержням, П1 и П2 – к средним, перемычку между зажимами снимают и производят измерения.

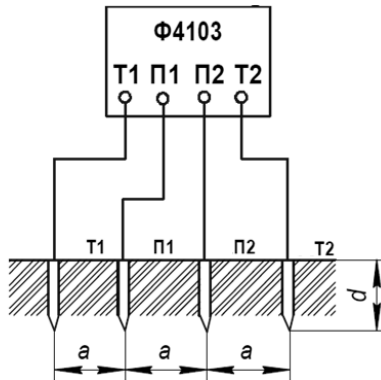


Рис. 8.4. Схема измерения удельного сопротивления грунта прибором Ф-4103 с использованием четырех электродов

Среднее удельное сопротивление грунта на глубине a подсчитывается по формуле

$$\rho_{\text{изм}} = 2\pi a R_{\text{изм}}, \quad (8.3)$$

где $R_{\text{изм}}$ – показание прибора, Ом;
 a – расстояние между стержнями, м.

Расстояние a следует принимать не менее чем в 5 раз больше глубины погружения электродов d .

Если грунт можно считать однородным, то расстояние a между стержнями измеряют в метрах. Его берут равным расстоянию от поверхности земли до середины вертикальных элементов будущего заземлителя, для которого измеряют $\rho_{\text{изм}}$.

Определять ρ грунта путем измерения сопротивления образца почвы не разрешается, поскольку этот способ дает большую ошибку из-за неучета разнородности слоев почвы на разных глубинах и в разных местах и поскольку у извлеченного образца плотность и структура обычно иные, чем в реальном грунте.

В целях уменьшения сопротивления заземляющего устройства его выполняют из ряда одиночных заземлителей, металлических объединенных в один контур, именуемый групповым заземлителем.

При бесконечно больших расстояниях между электродами группового заземлителя (более 40 м) поля растекания токов вокруг них практически не взаимодействуют.

При малых расстояниях между электродами группового заземлителя (менее 40 м) поля растекания токов накладываются одно на другое, приводя к увеличению сопротивления растеканию как отдельных электродов, составляющих групповой заземлитель, так и заземлителя в целом. Эта зависимость выражается коэффициентом использования проводимости группового заземлителя, или коэффициентом использования, характеризующим уменьшение проводимости заземлителей.

Сопротивление заземлителя будет тем стабильнее, чем глубже он расположен в грунте, и расчетное удельное сопротивление грунта будет мало отличаться от измеренного из-за низких значений коэффициентов сезонности. Для уменьшения влияния климатических условий на сопротивление заземления верхнюю часть заземлителя располагают в грунте на глубине не менее 0,5–0,8 м.

3. Порядок выполнения работы

Определить удельное сопротивление грунта.

Измерить с помощью прибора Ф-4103 сопротивление растеканию грунта $R_{изм}$, используя трехэлектродную схему измерения на стенде.

Произвести вычисления удельного измеренного сопротивления грунта $\rho_{изм}$.

Определить расчетное удельное сопротивление $\rho_{расч}$ для однородного грунта, Ом·м, используя формулу (8.1), и занести в таблицу.

Таблица

Определение удельного сопротивления грунта

Показатель	Варианты			
	1	2	3	4
Метод одиночного заземлителя (метод «трех земель»)				
1. Длина L заземлителя (вертикального стержня), м	3	5	3	5
2. Диаметр, мм	10	12	10	14
3. Влажность грунта во время измерения, Ψ	Повышенная	Нормальная	Малая	Повышенная
4. Сопротивление растеканию одиночного заземлителя $R_{изм}$				

Показатель	Варианты			
	1	2	3	4
5. Измеренное удельное сопротивление грунта				
6. Расчетное удельное сопротивление				
Метод четырех заземлителей (метод Виннера)				
1. Глубина погружения электродов, d				
2. Расстояние между заземлителями				
3. Измеренное сопротивление $R_{изм}$				
4. Среднее удельное сопротивление грунта $\rho_{изм}$				
5. Расчетное удельное сопротивление $\rho_{расч}$				

Измерить с помощью прибора Ф-4103 сопротивление грунта $R_{изм}$, используя четырехэлектродную схему измерения (рис. 8.4) на стенде.

Произвести вычисления удельного измеренного сопротивления грунта $\rho_{изм}$ по формуле (8.4).

Измерить сопротивление заземляющего устройства.

Собрать на стенде схему (рис. 8.3) и произвести измерение сопротивления заземляющего устройства $R_{зз}$. Величина измеряемого сопротивления устанавливается преподавателем (от 0,5 до 125 Ом).

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Что такое удельное сопротивление грунта?
2. Охарактеризуйте приборы для измерения удельного сопротивления грунта.
3. Какова схема измерения удельного сопротивления грунта?
4. Как распределяется сезонный коэффициент земли по климатическим зонам?
5. Каков порядок измерения сопротивления грунта?
6. Как определяется величина удельного сопротивления грунта?
7. Для чего определяется удельное сопротивление грунта?

Лабораторное занятие № 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ «ШАГОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ» ПРИ ЗАМЫКАНИИ ФАЗЫ ЛЭП НА ЗЕМЛЮ

Цель занятия: исследовать зависимость величины шагового напряжения от расстояния до места замыкания и сопротивления грунта и степень опасности поражения электрическим током при различных расстояниях от места замыкания и различных сопротивлениях грунта.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд «Электробезопасность» НТЦ-17.55.3.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Провести исследование явления «шаговое напряжение» при замыкании фазы ЛЭП на землю.
3. Проанализировать результаты проведенных экспериментов и сделать выводы о зависимости величины шагового напряжения от расстояния до места замыкания и сопротивления грунта и о степени опасности поражения электрическим током при различных расстояниях от места замыкания и различных сопротивлениях грунта.
4. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Электричество не проявляет признаков присутствия опасности, которые могли бы вызвать тревогу или беспокойство. Поэтому человек узнает о том, что попал в зону воздействия электрического тока, только тогда, когда уже может быть поздно. Причиной прохождения электрического тока через тело человека могут послужить, с одной стороны, непреднамеренное прикосновение к неизолированному проводу (или проводу с поврежденной изоляцией), корпусу устройства или прибора с неисправной изоляцией и любому металлическому предмету, случайно оказавшемуся под напряжением, а с другой стороны – прикосновение к заземленным предметам, земле и т. д.

Кроме того, существует опасность поражения током при попадании под шаговое напряжение – напряжение, возникающее при обрыве и падении на землю провода действующей линии электро-

передач 0,4 кВ и выше (рис. 9.1). Протекание тока не прекращается, если линия электропередач не была отключена. Земля является проводником электрического тока и становится как бы продолжением провода электропередачи. Любая точка на поверхности земли, находящаяся в точке растекания, получает определенный потенциал, который уменьшается по мере удаления от точки соприкосновения провода с землей. Попадание под действие электрического тока происходит в момент, когда ноги человека касаются двух точек земли, имеющих разные электрические потенциалы. Поэтому шаговое напряжение – это разница потенциалов между двумя точками соприкосновения с землей; чем шире шаг – тем больше разница потенциалов и тем вероятнее поражение электрическим током. Шаговое напряжение зависит от удельного сопротивления грунта и силы протекающего через него тока.

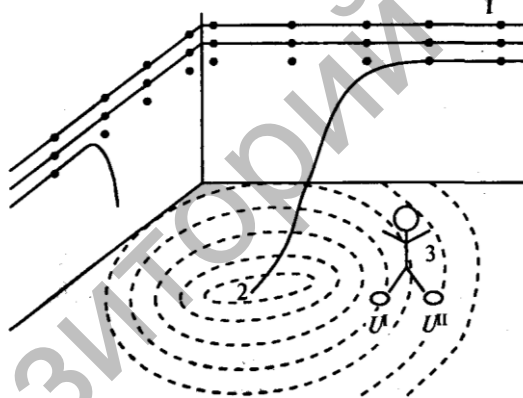


Рис. 9.1. Схема возникновения шагового напряжения:

- 1 – электрическая сеть;
- 2 – точка падения провода на землю;
- 3 – человек, находящийся под действием шагового напряжения

Опасность шагового напряжения

Шаговым напряжением называется напряжение между двумя точками поверхности земли, отстоящими друг от друга на расстояние шага (0,7–0,8 м), в зоне растекания токов замыкания в радиусе до 20 м при пробое изоляции на землю случайно оборванного электрического провода. Наибольшую величину шаговое напряжение будет иметь при подходе человека к упавшему проводу, а наимень-

шее – при нахождении его на расстоянии 20 м и более от него. При попадании под шаговое напряжение возникают произвольные судорожные сокращения мышц ног, и, как следствие этого, происходит падение человека на землю. В этот момент прекращается действие на человека шагового напряжения и возникает иная, более тяжелая ситуация: вместо нижней петли в теле человека образуется новый, более опасный путь тока – обычно от рук к ногам – и создается реальная угроза смертельного поражения током. При попадании в область действия шагового напряжения необходимо выходить из опасной зоны минимальными шажками или прыжками на одной ноге.

Особо опасно шаговое напряжение для крупного рогатого скота, т. к. расстояние шага у этих животных очень велико и, соответственно, велико напряжение, под которое они попадают. Нередки случаи гибели скота от шагового напряжения.

Рядом с проводом высокого напряжения на поверхности земли в радиусе 8 м образуется опасная зона, проводящая электрический ток, – зона шагового напряжения.

Правила перемещения в зоне шагового напряжения

Нельзя приближаться бегом или обычным шагом к лежащему проводу или человеку на земле.

Нельзя отрывать подошвы от поверхности земли и делать широкие шаги.

Передвигаться следует только «гусиным шагом» – пятка шагающей ноги, не отрываясь от земли, приставляется к носку другой ноги.

Недопустимо прикасаться к пострадавшему или к металлическим предметам без предварительного обесточивания.

Необходимо как можно быстрее отключить электричество с помощью выключателя, рубильника, вынуть вилку из розетки и т. д.

Увидев лежащий на земле провод, ни в коем случае нельзя к нему приближаться, опасная зона может быть от 5–8 м вокруг точки соприкосновения провода с землей и больше в зависимости от класса напряжения линии и состояния земли (мокрая земля увеличивает пространство растекания электрического тока).

При ударе молнии в дерево, молниеотвод или опору электропередач электрический ток поступает в землю и растекается в грунте во все стороны до нескольких десятков метров. В таких местах

и может возникать шаговое напряжение. То же самое происходит и возле упавшего на землю электрического провода, находящегося под напряжением.

Если разряд молнии пришелся в дерево, вблизи которого в это время стоял человек, то электрический ток молнии, попадая в землю и растекаясь в ней, проходит и под ногами человека. Если ноги расставлены, ток входит в одну ногу и, пройдя через тело, уходит в землю через другую, в этом случае человек находится под шаговым напряжением.

Чтобы человек не подвергнулся воздействию шагового напряжения, необходимо размещать все устройства защитного заземления там, где нет людей.

Во время грозы следует держаться подальше от опор электропередач, нельзя стоять вблизи высоких деревьев, особенно на открытой местности. Это необходимо потому, что возле любого выделяющегося на поверхности земли предмета (дерево, мачта, опора ЛЭП, молниеотвод) во время грозы создаются условия, при которых молния устремляется именно к этому предмету. Как правило, она поражает все находящееся в радиусе десятков метров.

При поражении человека молнией надо обязательно сделать пострадавшему искусственное дыхание и закрытый массаж сердца и немедленно доставить его в лечебное учреждение или вызвать скорую помощь.

Растекание тока в земле

Токоведущие части сети изолированы от земли, но, несмотря на это, проводники сети всегда имеют связь с землей. Связь эта двоякого рода. Изоляция токоведущих частей имеет определенное сопротивление по отношению к земле. Это означает, что через изоляцию проводников в землю протекает ток некоторой величины, который при хорошей изоляции весьма мал. Этот ток называется током утечки (*связь первого рода*). *Связь второго рода* образуется емкостью между проводниками сети и землей. Каждый проводник сети и землю можно представить себе как две обкладки протяженного конденсатора. Например, в воздушных линиях проводник и земля – это обкладки конденсатора, а воздух между ними – диэлектрик. В кабельных линиях обкладками конденсатора являются жила кабеля и металлическая оболочка, соединенная с землей,

а диэлектриком – изоляция. При переменном напряжении изменение зарядов конденсаторов вызывает возникновение соответствующих переменных токов. Это так называемые *емкостные токи*. В исправной сети они равномерно распределены по длине проводов и в каждом отдельном участке также замыкаются на землю. В аварийных ситуациях (обрыв и падение фазного провода на землю, замыкание фазы на корпус заземленного оборудования и т. п.) происходит растекание тока в земле (грунте). На поверхности земли появляется электрический потенциал, величина которого зависит от величины тока замыкания на землю, удельного сопротивления грунта в зоне растекания тока и расстояния от точки замыкания. Если человек включился в цепь замыкания, ток проходит через его тело, в результате чего может произойти тяжелое поражение или ток может оказаться для него смертельным.

Например, в земле находится одиночный заземлитель, через который протекает ток однофазного замыкания на землю. График зависимости напряжения от расстояния до заземлителя (рис. 9.2) показывает, что значения напряжения по отношению к земле всех точек, расположенных во все стороны от одиночного заземлителя на расстояниях примерно больше 20 м, близки к нулю. Причиной этого является увеличение, по мере удаления от заземлителя, сечения массива земли, через которое протекает ток замыкания на землю, при одновременном растекании тока в земле.

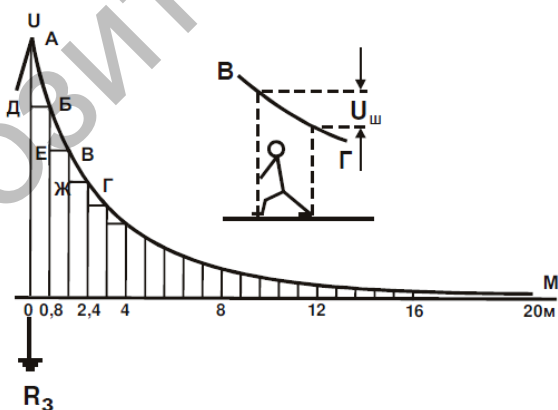


Рис. 9.2. Напряжение по отношению к земле на различных расстояниях от заземлителя и напряжения шага

В зоне растекания тока в земле человек может оказаться под разностью потенциалов, например на расстоянии шага. В месте контакта поврежденной фазы с землей (рис. 9.3) потенциал на поверхности земли будет наибольшим. На расстоянии 1 м от центра замыкания на землю напряжение составляет 68 % от полного напряжения, а на расстоянии 20 м равно нулю.

Шаговое напряжение считается безопасным, если $U_{\text{ш}} < 40 \text{ В}$.

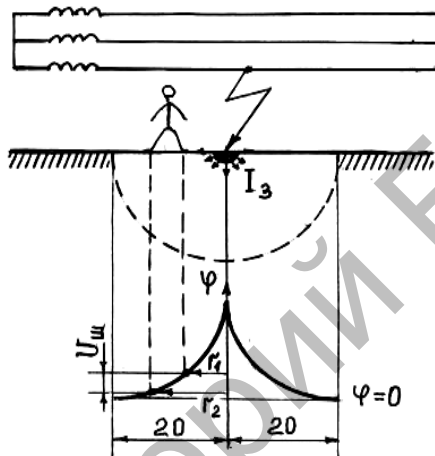


Рис. 9.3. Распределение потенциала на поверхности земли вокруг полушарового заземлителя

Если человек прикасается к корпусу электроприемника с поврежденной изоляцией, то оказывается под напряжением по отношению к земле даже тогда, когда корпус заземлен. Например, при заземлении двух двигателей на общий одиночный заземлитель при расстоянии между электродвигателями 20 м на одном из двигателей происходит пробой статорной обмотки на корпус (рис. 9.4). Корпусы обоих двигателей оказываются под напряжением, и вокруг заземлителя R_3 на поверхности земли образуется потенциальное поле. При прикосновении к корпусу первого электродвигателя человек оказывается под напряжением, равным разности потенциалов заземлителя φ' и точки земли φ'' , где располагается человек, т. е. напряжением прикосновения:

$$U'_{\text{пр}} = \varphi' - \varphi'' \quad (9.1)$$

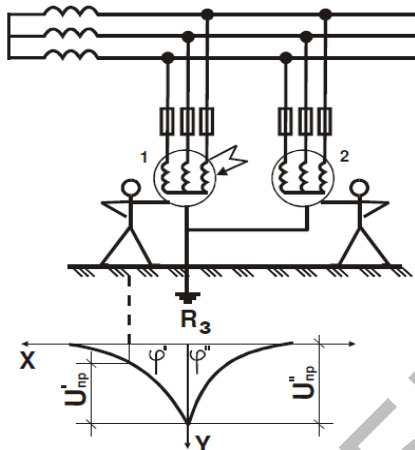


Рис. 9.4. Схема определения напряжения прикосновения при заземлении двух электродвигателей на одиночный заземлитель

Расчет шагового напряжения

Шаговое напряжение зависит от сопротивления разных слоев почвы, тем не менее поддается прикидочным расчетам. Для примера рассмотрим однофазное замыкание на землю в одной точке. Сначала нужно вычислить ток однофазного замыкания:

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R_{cont}}, \quad (9.2)$$

где $I_{кз}$ – ток короткого замыкания;

U_{ϕ} – напряжение фазы;

R_0 – сопротивление рабочего заземления нейтрали (единицы Ом);

R_{cont} – сопротивление растеканию тока в месте контакта (обычно оценивают в 12 Ом). После этого можно вычислить шаговое напряжение:

$$U_{ш} = \frac{I_{кз} \rho a}{2\pi x(x+a)}, \quad (9.3)$$

где ρ – удельное сопротивление земли (сотни Ом·м);

x – расстояние от проводника;

a – длина шага: для человека – от 0,8 м (средняя) до 1,0 м (с запасом), для скота – 1,4 м.

При определенных условиях (человек вспотел, обувь промокла) сопротивление между ногами может быть меньше 1000 Ом. Даже низкие (несколько десятков вольт) напряжения не всегда безопасны. На производстве немало несчастных случаев от удара напряжением в 36 В и менее.

2. Исследование явления «шаговое напряжение» при замыкании фазы ЛЭП на землю

Проверить исходное положение органов управления стенда.

Включить стенд автоматическим выключателем QF1 «Сеть».

Установить тумблер SA11 вниз – «Контакт с корпусом оборудования». Включить УЗО QF2. Установить переключатель SA18 в положение 0, а переключатель SA19 – в положение 20. Включить тумблер SA15 вверх – «Замыкание ЛЭП на землю». Зафиксировать показания прибора «V4, В». Изменяя расстояние от точки замыкания ЛЭП на землю до человека, подверженного воздействию шагового напряжения $U_{\text{шаг}}$, галетным переключателем SA18 (а сопротивление грунта – галетным переключателем SA19), зафиксировать показания прибора «V4, В». Данные занести в таблицу.

Таблица

Результаты исследования явления «шаговое напряжение»
при замыкании фазы ЛЭП на землю

$R_{\text{грунта}}$, Ом·м	L_x , м	Напряжение $U_{\text{шаг}}$, В	Заключение о степени опасности поражения электрическим током
20	0		
	0,8		
	1,6		
	4		
	20		
100	0		
	0,8		
	1,6		
	4		
	20		

Окончание таблицы

$R_{\text{грунта}}, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$	$L_{\text{ч}}, \text{ м}$	Напряжение $U_{\text{шаг}}, \text{ В}$	Заключение о степени опасности поражения электрическим током
500	0		
	0,8		
	1,6		
	4		
	20		
1500	0		
	0,8		
	1,6		
	4		
	20		

Сделать выводы о зависимости величины шагового напряжения от расстояния до места замыкания и сопротивления грунта и о степени опасности поражения электрическим током при различных расстояниях от места замыкания и различных сопротивлениях грунта.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Дайте определение шагового напряжения. В каком случае оно возникает?
2. Как вести себя человеку, попавшему под шаговое напряжение? Как оказать ему первую доврачебную помощь?
3. Когда и почему возникает шаговое напряжение? Каковы степень и характер опасности поражения?
4. Перечислите способы снижения напряжений прикосновения и шага.

Лабораторное занятие № 10

ИСПЫТАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Цель занятия: изучить средства и методы контроля и профилактики изоляции электроустановок.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд «Электробезопасность», мегаомметр Е6-24.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с требованиями к контролю и профилактике изоляции электроустановок, устройством и принципом действия приборов для измерения сопротивления изоляции.
3. Провести измерения сопротивления изоляции электропроводов и электроприемников, указанных преподавателем.
4. Проанализировать результаты проведенных экспериментов и сделать вывод.
5. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие сведения

Изоляция электроустановок и электрозащитных средств

Основной мерой защиты от прикосновения к токоведущим частям под напряжением в электроустановках потребителей является изоляция этих токоведущих частей. Изоляция создает между телом человека и токоведущими частями, находящимися под напряжением, электрические цепи с малой проводимостью. Протекающий по ним электрический ток не превышает значений, опасных для человека (не более 10 мА для тока промышленной частоты). В качестве изолирующих используются различные органические и неорганические материалы, пластмассы, каучук, синтетические материалы с высокой диэлектрической проницаемостью.

В электроустановках применяются следующие виды изоляции: основная (рабочая), дополнительная, двойная и усиленная.

Сопротивление изоляции зависит от подвижности и распределения электрических зарядов в материале. На характер их движения влияют прежде всего температура и напряженность электрического поля.

В процессе работы электроустановки изоляция подвергается воздействию факторов, которые приводят к ее старению (снижению электрической и механической прочности):

- постепенное увлажнение изоляции в результате проникновения влаги через неплотности и микротрещины лаковых покрытий, заливочных компаундов и т. п.;
- нагревание электропроводок токами нагрузки и пусковыми токами, токами короткого замыкания;
- постоянное воздействие электрического поля, при котором происходит ионизация газовых включений в структуре изоляции;
- различные механические воздействия.

От состояния изоляции в первую очередь зависит степень безопасности эксплуатации электроустановок. При повреждении изоляции могут возникать замыкания токоведущих частей между собой (короткие замыкания), ведущие к пожарам и выходу из строя электрооборудования, а также замыкания на землю, при которых возникает опасность поражения людей электрическим током. Поэтому при эксплуатации электроустановок необходимо осуществлять:

- испытание изоляции токоведущих частей повышенным напряжением промышленной частоты (применяется в электроустановках напряжением выше 1000 В);
- постоянный (непрерывный) контроль состояния изоляции (проводится в сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью);
- периодическую проверку (измерение сопротивления) изоляции мегаомметром.

Периодический контроль изоляции – это измерение ее сопротивления при приемке электроустановки после монтажа и затем в установленные правилами сроки или в случае обнаружения дефектов. Для электропроводок силовых и осветительных, эксплуатируемых в сухих помещениях, измерения производятся один раз в два года, в сырых и пожароопасных – ежегодно.

Содержание изоляция в исправном состоянии является одним из важнейших требований ТКП 339–2011. Согласно ТКП 339–2011 допустимое сопротивление изоляции электрической сети на участках между двумя смежными аппаратами защиты (предохранителями, автоматическими воздушными выключателями и т. п.) или за конечными аппаратами защиты между проводом и землей, а также между любыми проводами должно быть не менее 0,5 МОм.

Для электроустановок с двойной изоляцией, в т. ч. ручного электроинструмента, в связи с большой опасностью при пользовании им по ГОСТ 12.2.013 требуется более высокое сопротивление изоляции – не менее 2 МОм, а для инструмента с усиленной изоляцией – 7 МОм.

Проверка, испытание и измерение сопротивления изоляции проводов, кабелей и заземляющих устройств должна проводиться при вводе в эксплуатацию, а в дальнейшем – по графику, утвержденному ответственным за электрохозяйство, но не реже одного раза в три года.

Периодичность проверки изоляции обмоток статора электродвигателей: в помещениях без повышенной опасности – один раз в год, с повышенной опасностью – два раза в год, в особо опасных помещениях – четыре раза в год.

Периодичность проверки электроинструмента на отсутствие замыкания на корпус, а также проверки отсутствия обрыва зануляющей жилы – ежемесячно.

Для измерения сопротивления изоляции силовых и осветительных проводов, обмоток электрических машин и других элементов электроустановок применяют мегаомметры типа М 4100/1-5 (с номинальным выходным напряжением до 2500 В), М1101; ЭСП202; Ф4102-М1; Е6-24 и др.

При выполнении измерений величины сопротивления изоляции в действующих электроустановках последние следует отключить от сети, вывесить плакат «Не включать, работают люди!», проверить отсутствие напряжения, снять предохранители с плавкими вставками на концах проверяемого участка цепи.

2. Приборы и оборудование

Для измерения сопротивления изоляции используется *мегаомметр Е6-24* (рис. 10.1), который предназначен для измерения сопротивления изоляции электрических цепей, не находящихся под напряжением. Мегаомметр позволяет измерять напряжение переменного тока в случае его наличия на объекте измерения.

Индикаторы и органы управления мегаомметром приведены на рис. 10.2.

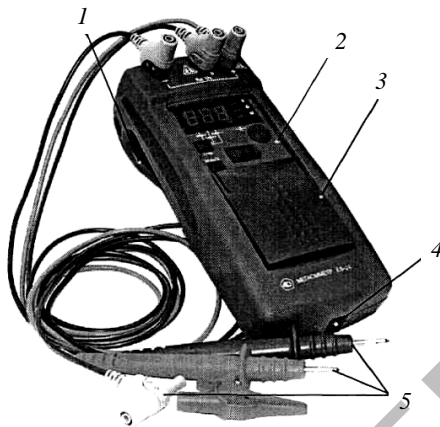


Рис. 10.1. Внешний вид мегаомметра Е6-24:

- 1 – ручка (крюк); 2 – передняя панель;
 3 – кожух защитный (защитная крышка); 4 – гнездо «-/-» для подключения блока питания (центральный штырь – «минус»); 5 – комплект кабелей

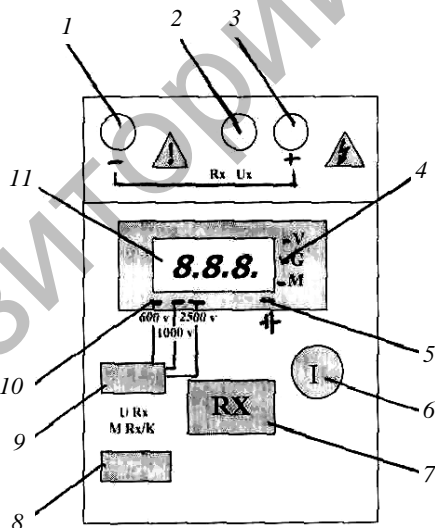


Рис. 10.2. Передняя панель мегаомметра Е6-24:

- 1, 2, 3 – гнезда для подключения кабелей; 4 – индикаторы единиц измерения;
 5 – индикатор заряда аккумуляторной батареи; 6 – переключатель «0»;
 7 – кнопка «Rx» (измерение сопротивления); 8 – кнопка « $M_{Rx/K}$ »; 9 – кнопка « U_{Rx} »;
 10 – индикаторы испытательных напряжений; 11 – индикатор

Измерение напряжений

Включить мегаомметр. После самотестирования прибор автоматически перейдет в режим «Измерение напряжений». Подключить кабели к гнездам «←» и «+» и к объекту измерения в соответствии с рис. 10.3.

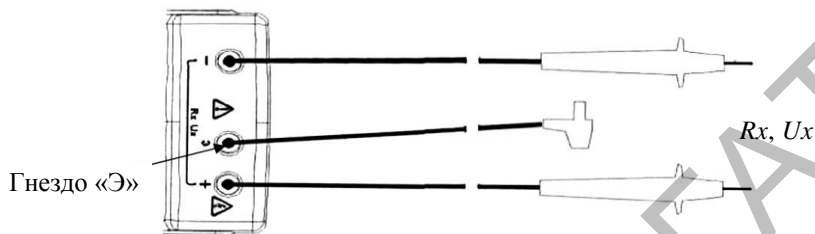


Рис. 10.3. Подключение кабелей к мегаомметру

При наличии на объекте переменного напряжения мегаомметр измерит и отобразит его величину на индикаторе.

Измерение сопротивлений

Рекомендуется подключать «←» мегаомметра на «землю» объекта.

Следует иметь в виду, что на ряде объектов допустимая полярность приложения напряжения может быть иной, поэтому необходимо заранее это выяснить. Полярность испытательного напряжения указана на гнездах мегаомметра.

При отсутствии напряжения в измеряемой цепи можно перейти к измерению сопротивления.

Подключение к гнезду «Э» мегаомметра может быть необходимо, если требуется измерить сопротивление в теле объекта, например сопротивление между обмотками трансформатора или между общей защитой и одной жилой в многожильном кабеле, и при этом исключить влияние поверхностных токов. В первом случае к гнезду «Э» подключают сердечник трансформатора, во втором – устанавливают на изоляцию этой жилы защитный бандаж (несколько витков неизолированного провода).

Далее следует установить требуемое испытательное напряжение. Смена напряжения производится кратковременными нажатиями на кнопку « U_{Rx} ». Испытательное напряжение выбирается последовательно по циклу: 0,5 кВ → 1,0 кВ → 2,5 кВ → 0,5 кВ и т. д. Установленное значение отображается на индикаторе.

Для проведения измерения необходимо нажать и удерживать кнопку «Rx». После отпускания кнопки процесс измерения прекратится.

Если на индикаторе загорается буква «П» (переполнение), то сопротивление объекта для мегаомметра Е6-24 превышает диапазон показаний, который распространяется до 100 ГОм.

Также индикация «П» может появляться на время переходных процессов на объекте, поэтому в таком случае рекомендуется продолжать измерение сопротивления не менее 10 с.

На объекте может присутствовать наведенное помехами постоянное напряжение. В этом случае рекомендуется проводить измерения дважды со сменой полярности приложения испытательного напряжения. Это позволит определить истинное значение сопротивления изоляции как среднее значение двух измерений.

Отстыковку кабелей от объекта следует производить не ранее 10 с после отпускания кнопки «Rx».

3. Порядок выполнения работы

1. Измерить сопротивление изоляции обмоток двигателя. Измерение сопротивления изоляции статорной обмотки электродвигателя производится для каждой фазы в отдельности относительно корпуса и между каждыми двумя фазами. В некоторых случаях удобнее измерять сопротивление изоляции каждой фазы относительно корпуса и соединенных с ним двух других фаз.

Для измерения сопротивления изоляции обмоток двигателя необходимо соединить одну клемму мегаомметра Е6-24 с корпусом электродвигателя. Затем присоединить последовательно щуп с клеммами C_1 , C_2 , C_3 и измерить сопротивление изоляции между обмотками C_1 , C_2 , C_3 . Результаты измерений занести в таблицу.

Таблица

Результаты измерений сопротивления изоляции обмоток электродвигателя, МОм

Наименование позиции	Нормативная величина	Результат измерений
Корпус – обмотка C_1		
Корпус – обмотка C_2		
Корпус – обмотка C_3		
Корпус – обмотка C_1C_2		
Корпус – обмотка C_1C_3		
Корпус – обмотка C_2C_3		

2. Аналогично провести измерения сопротивления изоляции других электроприемников, указанных преподавателем. Результаты измерений занести в таблицу. На основании полученных данных сделать вывод о качестве изоляции.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Какие факторы приводят к старению изоляции?
2. В каких сетях применяется непрерывный контроль изоляции?
3. Как осуществляется периодический контроль изоляции?
4. Каким образом обеспечивается надежность изоляции?
5. Укажите порядок измерения сопротивления изоляции.

Лабораторное занятие № 11

УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ

Цель занятия: оценить эффективность устройства защитного отключения (УЗО), реагирующего на ток нулевой последовательности (дифференциальный ток) в трехфазных сетях с изолированной и заземленной нейтралью; изучить назначение, принцип действия, конструкции и основные технические характеристики устройств защитного отключения.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Проанализировать результаты эксперимента и сделать вывод.
3. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Современный человек постоянно контактирует с электрическими установками на производстве и в быту, поэтому вопросу обеспечения электробезопасности должно уделяться первостепенное внимание.

Широко применяемые в настоящее время технические меры электрозащиты при эксплуатации потребительских электроустановок (до 1 кВ) иногда оказываются неэффективными. На практике чаще используется только зануление (системы $TN-C$ или $TN-C-S$), которое наряду с известными достоинствами (простота, осуществление электрозащитных функций даже при значительных токах утечки, относительно низкие затраты) обладает и рядом существенных недостатков. Так, при замыкании на открытые проводящие части (корпус) под напряжение попадает все зануленное электрическое и технологическое оборудование, к которому могут прикасаться люди, что уже создает опасную ситуацию. При этом продолжительность перегорания вставки плавкого предохранителя или отключения автомата часто оказывается сравнительно большой (несколько секунд), что заметно повышает вероятность попадания людей под напряжение и увеличивает тяжесть поражения. При случайном обрыве нулевого провода за местом обрыва по ходу энергии при обычно неизбежной несимметрии электрической

нагрузки на зануленном оборудовании появляется значительное напряжение, которое действует длительное время. Система зануления не обеспечивает электробезопасность людей при случайном прикосновении к токоведущим частям (одна из самых опасных ситуаций, при которой человек попадает под почти полное фазное напряжение даже в случае прикосновения к одной фазе).

Следует помнить, что в сельском хозяйстве условия эксплуатации электроустановок значительно тяжелее, чем в промышленности. Это связано с повышенной влажностью, наличием пыли, агрессивных паров и газов, оказывающих разрушающее воздействие на электрическую изоляцию. Наряду с необходимостью обеспечивать электробезопасность людей требуется принимать меры и для обеспечения электробезопасности сельскохозяйственных животных, которые весьма восприимчивы к действию электрического тока.

Для дальнейшего быстрого и экономичного повышения уровня электробезопасности следует более широко использовать мировой опыт, накопленный в этой области. В большинстве развитых стран значительное внимание уделяется массовому применению в электрических сетях низкого напряжения систем устройств защитного отключения (УЗО), распространению УЗО и зануления на сферу быта, повышению качества электрической изоляции бытовых электроприборов, стандартизации требований, предъявляемых к техническим способам и средствам электрозащиты.

2. Принцип работы и выполнение устройств защитного отключения

Защитным отключением в электроустановках до 1 кВ называется автоматическое отключение всех фаз (полусов) участка сети, обеспечивающее безопасные для человека сочетания тока и времени его прохождения при замыканиях на корпус или снижении уровня изоляции ниже определенного значения. В последнем случае (при снижении сопротивления изоляции), а также при прикосновении человека к фазе защитное заземление и зануление неэффективны, поэтому устройство защитного отключения здесь незаменимо.

Устройство автоматического защитного отключения состоит из двух основных элементов: прибора-датчика и выключателя. В первый входят:

1) непосредственно датчик, реагирующий на определенный внешний сигнал;

- 2) усилитель для усиления входного сигнала датчика;
- 3) цепь контроля для периодической проверки исправности УЗО;
- 4) элементы сигнализации – лампы, измерительные цепи, характеризующие состояние электроустановки.

УЗО должны обеспечивать:

- высокую чувствительность, т. е. реагирование на малые изменения входной величины;
- быстроедействие;
- селективность действия – способность отключать от сети лишь поврежденный участок;
- самоконтроль исправности (которым обладают далеко не все УЗО) – обязателен при отсутствии защитного заземления и зануления;
- надежность.

Различают типы УЗО: реагирующие на потенциал корпуса, ток замыкания на землю, токи утечки, комбинированные и др.

Устройство защитного отключения по напряжению на корпусе электроприемника

Принцип действия УЗО по напряжению на корпусе электроприемника показан на схеме лабораторного стенда (рис. 11.1). Датчиком здесь является реле напряжения.

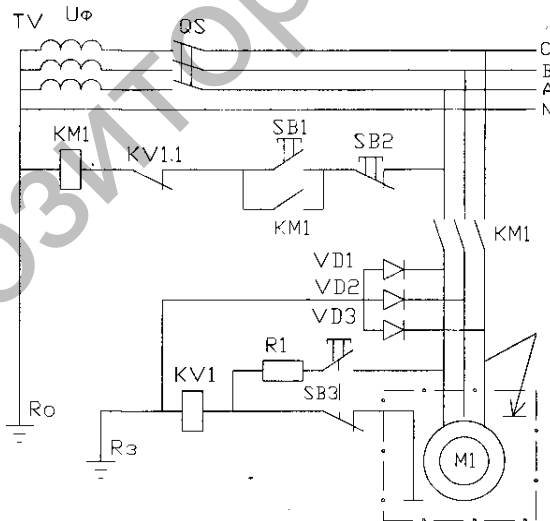


Рис. 11.1. Схема защитного отключения по напряжению на корпусе электроприемника

Напряжение к схеме подводится после включения рубильника QS. При нажатии на кнопку SB1 «Пуск», находящуюся на корпусе УЗО, получает питание катушка магнитного пускателя KM1, контакты его замыкаются, и напряжение сети подводится к электродвигателю M1. Отключение потребителя происходит после нажатия на кнопку SB2 «Стоп», также расположенную на корпусе устройства.

При замыкании какой-либо фазы на корпус подключенного к питающей сети потребителя (электродвигателя M1) ток замыкания протекает по цепи: источник питания, корпус электродвигателя M1, размыкающий контакт кнопки SB3 «Контроль», расположенной на корпусе УЗО, катушка реле напряжения KV1, сопротивление R_3 вспомогательного заземления, сопротивление R_0 заземления нейтральной точки источника питания, нулевой провод.

Если напряжение на корпусе выше уставки реле напряжения KV1 (например, 12 В), реле срабатывает, его контакт KV1.1 размыкается, обесточивается катушка магнитного пускателя KM1, силовые контакты его размыкаются, и электродвигатель M1 отключается от сети.

В электрической сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью второй конец катушки реле напряжения KV1 соединяют с фазами A, B, C через диоды VD1, VD2, VD3.

Реле напряжения KV1 может быть настроено на низкое напряжение срабатывания, например 12 В. При появлении меньшего напряжения на корпусе электроустановки УЗО не срабатывает, но такое напряжение можно считать безопасным в течение времени, необходимого для обнаружения повреждения.

Кнопка SB3 «Контроль» используется для периодической проверки исправности УЗО. Проверку производят следующим образом. При включенной, нормально работающей электроустановке нажимают на кнопку SB3 «Контроль». Для схемы, приведенной на рис. 11.1, ток проходит от фазы A через замыкающий контакт кнопки SB3, ограничивающий резистор R1, катушку KV1 и либо через диоды VD2 и VD3, либо через вспомогательное заземление – к источнику напряжения. Реле напряжения KV1 срабатывает, его контакт KV1.1 размыкается, происходит обесточивание катушки магнитного пускателя KM1 и размыкание его контактов. Электродвигатель отключается от сети. Так имитируется однофазное замыкание на корпус электроустановки и проверяется исправность УЗО. Контроль исправности работы любого УЗО производится не реже одного раза в квартал и при включении УЗО в работу.

Недостаток схемы со вспомогательным заземлением заключается в том, что ток с корпуса аварийного электроприемника может протекать на землю, например через фундамент электроустановки, и УЗО при этом не срабатывает. Поэтому вспомогательный заземлитель располагают на расстоянии 10–20 м от фундамента, а т. к. для избирательного отключения каждый электроприемник снабжается индивидуальным заземлителем, то с увеличением количества электроприемников система заземления существенно усложняется.

Схема УЗО с диодами вместо вспомогательного заземления имеет более низкую чувствительность и меньшую надежность, т. к. в случае отказа диодов устройство становится неработоспособным.

Устройство защитного отключения по току замыкания на землю

В устройстве, реагирующем на ток замыкания на землю, в расщелку заземляющего (зануляющего) провода включается токовое реле. Схема аналогична предыдущей, но нет необходимости во вспомогательном заземлении и вместо реле напряжения используется токовое реле. Может включаться через трансформатор тока.

Достоинства – простота, надежность срабатывания и возможность селективности.

Недостаток – отсутствие самоконтроля, тем более что при обрыве цепи реле нарушается и цепь заземления.

Устройство защитного отключения по току утечки УЗО с трансформатором тока тороидального типа

В УЗО, реагирующем на токи утечки, которое является наиболее перспективным в электроустановках потребителей (до 1 кВ), в качестве датчика используют трансформатор тока тороидального типа (рис. 11.2). В нем роль первичной обмотки выполняют фазные проводники. Вторичная обмотка имеет большое число витков, равномерно расположенных по тороиду, подключается к управляющему органу (в электромеханических УЗО – к чувствительному электромагнитному реле, в электронных – к промежуточному усилителю и другим электронным элементам исполнительного реле). Роль исполнительного механизма обычно играет коммутационный аппарат.

Геометрическая сумма токов, протекающих по первичной обмотке в нормальном режиме работы, равна нулю: $I_1 + I_2 + I_3 + I_N = 0$. При утечке тока равновесие их в первичной обмотке нарушается: $I_1 + I_2 +$

$+ I_3 + I_N = I_y$. Тогда в магнитопроводе создается магнитный поток, индуцирующий ток во вторичной обмотке, отключающий цепь.

Под током утечки I_y понимается ток, который протекает в сети при снижении сопротивления изоляции фазного провода, замыкании на открытые проводящие части, а также в случае прикосновения человека к токоведущим частям.

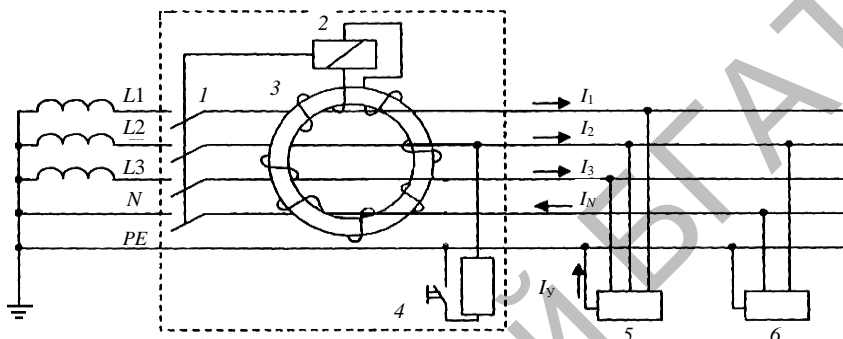


Рис. 11.2. Схема включения УЗО в сеть TN-S:

- 1 – исполнительный механизм; 2 – блок управления;
3 – датчик дифференциального тока; 4 – кнопка контроля работоспособности УЗО; 5 – трехфазный электроприемник;
6 – однофазный электроприемник

Таким образом, УЗО данного типа способны защитить человека, коснувшегося непосредственно токоведущих частей, отключить поврежденный электроприемник при замыкании на открытые проводящие части и предотвратить пожары, возникающие при неисправности изоляции или при снижении ее сопротивления.

В системе TN время автоматического отключения питания не должно превышать значений, указанных в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы TN

Номинальное фазное напряжение $U_{\text{ф}}$, В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

Приведенные значения времени отключения считаются достаточными для обеспечения электробезопасности, в т. ч. в групповых цепях, питающих передвижные и переносные электроприемники и ручной электроинструмент класса I.

В цепях, питающих распределительные, групповые, этажные и другие щиты и щитки, время отключения не должно превышать 5 с.

УЗО с многофункциональным трансформатором тока

Схема УЗО (рис. 11.3, *а*) содержит трансформатор тока ТА, во вторичную обмотку которого включено реле напряжения KV2. Если изоляция качественная и токи утечки отсутствуют, а нагрузка трехфазная симметричная, то магнитные потоки всех трех фаз (рис. 11.3, *б*) взаимно компенсируются в магнитопроводе трансформатора тока и суммарный магнитный поток равен нулю. Поэтому во вторичной обмотке трансформатора тока ТА ЭДС также равна нулю и реле напряжения KV2 обесточено, а его размыкающий контакт KV2.1 замкнут.

При наличии трехфазно-однофазной нагрузки, если однофазная нагрузка (осветительная лампа EL) включена так, как показано на рис. 11.3, *а*, магнитные потоки также взаимно компенсируются и суммарный магнитный поток равен нулю (рис. 11.3, *в*) вследствие протекания тока через первичные обмотки трансформатора тока ТА в обоих направлениях.

При появлении тока утечки через изоляцию одной из фаз, например в фазе *В* (вектор *В*, рис. 11.3, *а, в*), появляется разность между магнитными потоками, т. к. ток утечки протекает через первичные обмотки ТА только в направлении к нагрузке, а назад течет по защитному нулевому проводу или по земле. Векторная сумма токов фаз становится не равной нулю, и во вторичной обмотке трансформатора тока ТА наводится ЭДС, а через обмотку реле KV2 протекает ток. Реле KV2 срабатывает, его контакт KV2.1 размыкается и разрывает цепь питания катушки магнитного пускателя KM2, силовые контакты его размыкаются и электродвигатель M2 и нагрузка EL отключаются от сети.

Для контроля исправной работы устройства нажимают на кнопку SB4 «Контроль». При этом происходит искусственная утечка токов в фазе *А* через резистор R2, что также вызывает срабатывание реле KV2 и отключение электродвигателя M2 и нагрузки EL от сети.

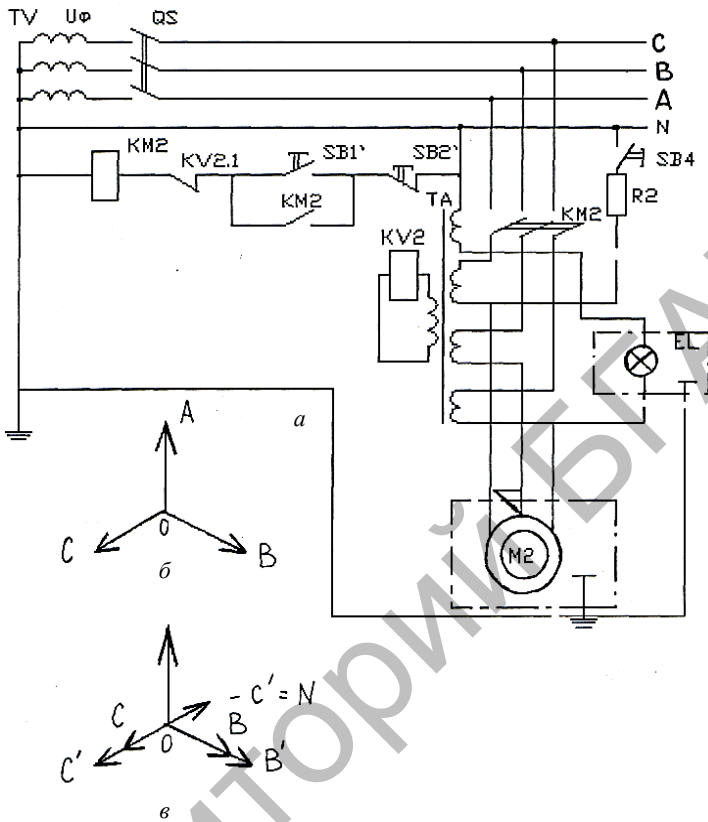


Рис. 11.3. Защитное отключение по току утечки:

a – схема защитного отключения; *б* – векторная диаграмма токов и магнитных потоков при симметричной нагрузке; *в* – векторная диаграмма токов и магнитных потоков при наличии тока утечки в фазе B и трехфазно-однофазной нагрузке

Чувствительность схемы защитного отключения можно увеличить, если появившийся в результате утечки ток во вторичной обмотке трансформатора TA усилить с помощью усилителя. Усилитель необходим потому, что во избежание пожара в месте повреждения изоляции первичный ток срабатывания таких УЗО не должен превышать 300–500 мА, а при значении тока менее 25–30 мА и отсутствии усилителя реле KV2 теряет чувствительность. С усилителем можно получить УЗО с током срабатывания не более 5 мА. Такое УЗО

может защитить человека от прикосновения к корпусу электроприемника с поврежденной изоляцией и от случайного прикосновения к токоведущим частям электроустановки. Недостаток таких чувствительных УЗО – невозможность установки их на группу электроприемников из-за наличия в такой группе постоянных токов утечки, которые могут превышать десятки миллиампер.

3. Применение устройств защитного отключения

При выборе конкретного варианта применения УЗО на объекте следует учитывать три основных фактора: электробезопасность, надежность электроснабжения и затраты на УЗО. Наибольшие электробезопасность и надежность электроснабжения достигаются применением селективной двухступенчатой схемы установки УЗО. На каждом ответвлении к отдельному потребителю или к группе однородных потребителей устанавливают УЗО с продолжительностью срабатывания и током уставки возможно меньшими (первая ступень), а на вводе – с большими. При этом фактически вся сеть оказывается в зоне защиты УЗО с наименьшими возможными токами уставки и временем срабатывания, что позволяет добиться наибольшей электробезопасности. Кроме того, появление тока утечки на любом участке сети вызывает отключение наименьшего числа потребителей. Этим, во-первых, достигается наибольшая надежность электроснабжения (конечно, при прочих равных условиях), а во-вторых, значительно упрощается поиск места повреждения изоляции, обусловившего появление тока утечки. Однако затраты на подобную схему наибольшие, поэтому ее можно рекомендовать лишь для наиболее ответственных объектов с большим числом различных потребителей, например для крупных птицефабрик. Все рассуждения о селективной двухступенчатой схеме имеют практический смысл лишь при наличии УЗО с различными токами уставки и временем срабатывания.

При невозможности или экономической нецелесообразности выполнения двухступенчатой схемы размещения УЗО их следует устанавливать либо на фидерах к отдельным потребителям или к группам однородных потребителей, либо на вводе. Последняя схема наименее эффективна, т. к. вследствие неизбежного увеличения

суммарного тока утечки приходится выбирать заведомо больший ток уставки УЗО, а это приводит к снижению электрозащитной эффективности. Кроме того, неизбежно уменьшается надежность электроснабжения (в случае аварийного увеличения тока утечки хотя бы у одного из потребителей отключается от напряжения весь объект).

Если УЗО устанавливаются на действующем объекте, то после выбора схемы размещения УЗО проводят соответствующую подготовку сети и потребителей. Эта подготовка включает два этапа. Первый – доведение уровня фазной изоляции потребителей и электрической сети относительно земли до требуемого правилами устройства электроустановок значения (не ниже 500 кОм). Второй – разделение нулевого провода на рабочий и защитный (при применении пятипроводной системы).

УЗО рекомендуется применять в качестве как основной, так и дополнительной меры защиты.

Применение УЗО является **обязательным**:

- если устройство защиты от сверхтока не обеспечивает нормируемого времени автоматического отключения из-за низких значений токов короткого замыкания и электроустановка не охвачена системой уравнивания потенциалов;

- для групповых линий, питающих розеточные сети, находящиеся вне помещений и в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью поражения электрическим током;

- для групповых линий в мобильных (инвентарных) зданиях из металла или с металлическим каркасом, предназначенных для уличной торговли и бытового обслуживания населения (торговые павильоны, киоски, палатки, кафе, будки, фургоны, боксовые гаражи и т. п.), а также в передвижных и стационарных вагончиках с местами для проживания;

- для групповых линий, питающих электроприемники классов 0I и I, монтируемые в ваннных, душевых и парильных помещениях (кроме электроприемников, присоединенных к сети через разделительный трансформатор);

- для групповых линий питания светильников местного стационарного освещения при напряжении сети выше 25 В, устанавливаемых в помещениях особо опасных и с повышенной опасностью поражения электрическим током;

- для групповых линий питания светильников класса защиты I общего освещения, устанавливаемых в помещениях особо опасных

и с повышенной опасностью поражения электрическим током при высоте установки менее 2,5 м над полом или площадкой обслуживания;

- для систем электрообогрева полов;
- для групповых сетей установок световой рекламы и архитектурного освещения зданий.

В качестве основной меры защиты УЗО рекомендуется использовать для удаленных от основного здания электроприемников, т. к. отключение питания с помощью автоматических выключателей или предохранителей в таких случаях затруднительно. Допускается не соединять открытые проводящие части с защитным нулевым проводником (*PE*-проводником), а заземлять их для более четкого срабатывания УЗО.

При этом должно быть соблюдено условие:

$$R_a I_a \leq U_{\text{доп}}, \quad (11.1)$$

где I_a – ток срабатывания защитного устройства;

R_a – суммарное сопротивление заземлителя и заземляющего проводника, при применении УЗО для защиты нескольких электроприемников – заземляющего проводника наиболее удаленного электроприемника;

$U_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение на открытых проводящих частях.

Допустимое напряжение в помещениях без повышенной опасности не должно превышать 50 В, в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных и наружных установках – не более 25 В.

В производственных зданиях устройствами защитного отключения должны быть оснащены розеточные группы, используемые для подключения переносных электроприборов, ручного электрифицированного инструмента. Номинальный отключающий дифференциальный ток устройства не должен превышать 30 мА.

Для обеспечения пожарной безопасности пожароопасных производств УЗО необходимо устанавливать на вводе во вводном распределительном щитке так, чтобы оно контролировало состояние всей внутренней электрической цепи.

Рекомендуется установка УЗО:

- для электронагревательных кабелей, монтируемых в земле и на открытых пространствах;

– для групповых линий, питающих штепсельные розетки, устанавливаемые на столах для проведения опытов в высших и средних специальных учебных заведениях;

– для групповых линий, питающих штепсельные розетки, электроплиты, насосы и электроводонагреватели в квартирах, коттеджах, домиках на участках садоводческих товариществ и в хозпостройках;

– в действующем жилом фонде с двухпроводными сетями, где электроприемники не имеют защитного заземления, особенно при плохом состоянии электропроводки (с условием отключения только фазного проводника);

– для групповых линий, питающих демонстрационные стенды;

– для сетей, где токи короткого замыкания недостаточны для срабатывания максимальной токовой защиты.

Для указанных электроприемников также рекомендуется устанавливать УЗО на ток срабатывания до 30 мА.

4. Выбор и использование УЗО

В одних случаях целесообразно применять групповую защиту, при которой одно УЗО обеспечивает безопасность нескольких установок, в других – индивидуальную, предусматривающую размещение защитного аппарата непосредственно на каждой электроустановке.

В электроустановках общественных и жилых зданий суммарная величина тока утечки с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должна превосходить $\frac{1}{3}$ номинального тока УЗО. При отсутствии данных о токах утечки электроприемников ее следует принимать из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки сети – из расчета 10 мкА на 1 м длины фазного проводника. При выборе уставки УЗО необходимо учитывать, что значение отключающего дифференциального тока находится в диапазоне от 0,5 до 1 номинального тока уставки.

При последовательной установке УЗО должны выполняться, как указывалось, требования селективности. При двух- и многоступенчатых схемах УЗО, расположенное ближе к источнику питания, должно иметь уставку и время срабатывания не менее чем в три раза большую, чем у УЗО, расположенного ближе к потребителю.

По наличию расцепителей УЗО изготавливаются как имеющими, так и не имеющими защиту от сверхтока. Преимущественно должны

использоваться УЗО, представляющие единый аппарат с автоматическим выключателем, обеспечивающим защиту от сверхтока. Использовать УЗО в групповых линиях, не имеющих защиты от сверхтока, без дополнительного аппарата, обеспечивающего эту защиту, недопустимо. При использовании УЗО, не имеющих защиты от сверхтока, должна быть проведена расчетная проверка УЗО в режимах сверхтока с учетом защитных характеристик вышестоящего аппарата, обеспечивающего защиту от сверхтока.

При выборе конкретных типов УЗО необходимо руководствоваться следующим:

- устройства должны быть сертифицированы в Республике Беларусь в установленном порядке;

- технические условия на изготовление должны быть согласованы с Госэнергонадзором Республики Беларусь и УГПН МЧС Республики Беларусь.

В жилых зданиях не допускается применять УЗО, автоматически отключающие потребителя от сети при кратковременном исчезновении или недопустимом падении напряжения сети. При этом УЗО должны сохранять работоспособность не менее 5 с при снижении напряжения до 50 % от номинального.

В жилых зданиях могут применяться УЗО типа А, реагирующие не только на переменные, но и на пульсирующие токи повреждений, или типа АС, реагирующие только на переменные токи утечки. Источниками пульсирующего тока являются, например, стиральные машины с регуляторами скорости, регулируемые источники света, телевизоры, видеомэагнитофоны, персональные компьютеры и др.

В сельскохозяйственном производстве в первую очередь рекомендуется снабжать УЗО передвижные электрифицированные установки с кабельным способом питания: на животноводческих фермах – кормораздаточные агрегаты, особенно с использованием для канализации энергии кабель-штор; на открытых зерноочистительных токах, зернопунктах – передвижные транспортеры, зернопогрузчики, зернопульты и другие машины; в механических мастерских, гаражах – передвижные моечные агрегаты, насосы. Место установки УЗО для этих машин нужно выбрать так, чтобы в зону его защиты входил питающий кабель. Зонай защиты УЗО является вся цепь, расположенная после УЗО по ходу энергии.

Для передвижных установок целесообразно применять в качестве индивидуальной защиты устройства с номинальным отключающим

дифференциальным током (током уставки) не более 10 мА. Тип заземления сети ($TN-C$, $TN-S$ или $TN-C-S$) в этом случае не имеет значения.

В производственных зданиях (механических, ремонтных, столярных мастерских, животноводческих фермах, теплицах и др.) устройствами защитного отключения должны быть оснащены розеточные группы, используемые для подключения переносных электроприборов, ручного электрифицированного инструмента. Номинальный отключающий дифференциальный ток устройства не должен превышать 30 мА.

При ограниченном числе ручного электрифицированного инструмента можно применять розетки со встроенными УЗО, так называемые УЗО-розетки или УЗО-вилки.

Для стационарных потребителей важное значение имеют место установки УЗО, назначение (для защиты от пожаров, для групповой или индивидуальной защиты), обеспечение селективности работы при двух- или трехступенчатой системе защиты, тип устройства.

Применение УЗО требует определенной подготовки всей внутренней сети. Она заключается в выявлении (измерении) естественных токов утечки защищаемой сети и приведении их в соответствие с номинальными отключающими дифференциальными токами УЗО во избежание ложных срабатываний. Токи утечки защищаемой цепи должны быть не менее чем в три раза ниже номинального отключающего дифференциального тока устройства. Если токи утечки превышают требуемое значение, необходимо найти и устранить места локальных утечек тока в проводке.

Устройства защитного отключения, как технические средства защиты более высокого уровня, требуют не только высокой квалификации электротехнического персонала, обеспечивающего монтаж и подключение УЗО, но и определенной квалификации как электротехнического эксплуатационного, так и всего персонала, работающего на предприятии. Только при таких условиях можно достигнуть приемлемого эффекта от применения УЗО.

Для сантехкабин, ванных и душевых рекомендуется устанавливать УЗО на ток срабатывания до 10 мА, если на них выделена отдельная линия. При использовании одной линии для сантехкабины, кухни и коридора допускается применять УЗО на ток срабатывания до 30 мА.

Для повышения уровня защиты от возгорания при замыканиях на заземленные части, когда величина тока короткого замыкания недостаточна для срабатывания максимальной токовой защиты, рекомендуется установка УЗО на ток срабатывания до 300 мА.

При выборе проводников следует учитывать возможность их присоединения к УЗО, т. к. многие импортные УЗО допускают подключение только медных проводников.

Применяемые типы УЗО функционально должны предусматривать возможность проверки их работоспособности.

Во всех случаях УЗО должны обеспечивать надежную коммутацию цепей нагрузки с учетом возможных перегрузок.

5. Порядок проведения эксперимента

На лабораторном стенде размещены три типа УЗО: по напряжению на корпусе электроприемника (рис. 11.1), по току утечки (рис. 11.2, 11.3).

В УЗО по напряжению на корпусе электроприемника от ЛАТРа, расположенного на пульте стенда, к схеме подводится регулируемое напряжение и имитируется однофазное замыкание на корпус электроустановки, вызывающее срабатывание устройства защиты.

С помощью вольтметра, расположенного сверху на пульте стенда, и миллиамперметра, установленного в нижней части стенда, определяется имитируемое на корпусе электроустановки напряжение U_k и ток однофазного замыкания I_3 .

Подобным способом имитируется аварийная ситуация и производится измерение тока утечки I_y при исследовании УЗО.

Подготовка к эксперименту

1. Усвоить общие положения, изучить схемы и принцип работы УЗО, приведенных на рис. 11.1–11.3.

2. Ознакомиться с оборудованием лабораторного стенда. Подготовить табл. 2.

3. Строго следовать методическим указаниям для безопасной работы на стенде. Максимальное напряжение, снимаемое с ЛАТРа, не должно превышать 160 В.

4. Изучить работу устройства защитного отключения по напряжению на корпусе электроприемника (рис. 11.1).

Проведение эксперимента

1. Подать напряжение на стенд. Для этого автоматический выключатель «Сеть» перевести в верхнее положение.

2. Поставить регулятор напряжения ЛАТРа в крайнее положение против часовой стрелки.

3. Переключить «ЗЗ и З – ЛАТР», поставить в положение «ЛАТР-ВКЛ».

4. Подать напряжение на ЛАТР, поставив переключатель в положение «ЛАТР-ВКЛ».

5. Удостовериться в исправности УЗО путем нажатия на кнопки «Пуск» и «Контроль», которые находятся на корпусе устройства. Прибор защиты должен сработать и отключить установку.

6. Произвести имитацию аварийного режима и снять характеристику срабатывания:

– нажать на кнопку «Пуск» на корпусе УЗО (при этом на стенде загорится лампочка М1, сигнализирующая о том, что напряжение подано потребителю);

– с помощью ЛАТРа задать значения напряжения на корпусе U_k до момента срабатывания УЗО. Полученные данные занести в табл. 11.2;

– сделать вывод об эффективности защиты.

Таблица 11.2

Результаты экспериментальных исследований

№ опыта	УЗО по напряжению на корпусе		УЗО по току утечки	
	U_k , В	Срабатывание защиты (+; –)	I_y , мА	Срабатывание защиты (+; –)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

7. Исследовать работу устройства защитного отключения по току утечки (рис. 11.3):

- выполнить операции, аналогичные п. 1–4;
- удостовериться в работоспособности УЗО путем нажатия на кнопки «Пуск», а затем «Контроль», расположенные на корпусе прибора. УЗО должен сработать и отключить установку.

8. Произвести имитацию аварийного режима и снять характеристику срабатывания:

- нажать на кнопку «Пуск» на корпусе УЗО (при этом на стенде загорится лампочка МЗ, сигнализирующая о том, что напряжение подано потребителю);
- с помощью ЛАТРа увеличивать значения тока утечки I_y до момента срабатывания УЗО. Полученные данные занести в табл. 11.2.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Дайте определение и поясните принцип действия защитного отключения.
2. Укажите преимущества защитного отключения перед другими видами защит.
3. В каких случаях целесообразно применять устройства защитного отключения?
4. Перечислите наиболее распространенные типы УЗО.
5. Поясните принцип действия УЗО по напряжению на корпусе электроприемника.
6. Когда и как производится проверка работоспособности УЗО?
7. Укажите недостатки УЗО по напряжению на корпусе электроприемника.
8. Поясните принцип действия УЗО по току утечки с нулевым и защитным проводами.
9. Поясните особенности и укажите преимущества УЗО по току утечки.

Лабораторное занятие № 12

ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Цель занятия: исследовать на моделирующей установке эффективность зануления, защитного и повторного заземлений электроустановки.

Приборы и оборудование: стенд для исследования с измерительными приборами.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Подготовить таблицу для фиксации результатов измерений и расчетов.
3. Произвести измерения и сделать выводы.
4. Оформить отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

1. Общие положения

Зануление представляет собой преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Оно является основным защитным средством в случае замыкания фазного провода на корпус электроустановки напряжением до 1000 В. Нулевой защитный проводник *PEN* (рис. 12.1) служит для соединения металлических нетоковедущих частей электроустановки с нулевым рабочим проводником.

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью применять заземление корпуса электроустановки без его зануления нельзя, т. к. при однофазном замыкании на корпусе возникает достаточно опасное напряжение вследствие распределения фазного напряжения между сопротивлениями заземлителя электроприемника R_3 и нейтрали R_0 (рис. 12.1).

Зануление эффективно только в том случае, если ток короткого замыкания на аварийном участке имеет величину, достаточную для расплавления плавкой вставки ближайшего предохранителя или отключения ближайшего автомата. Поэтому в системе зануления

ток замыкания желателно иметь по возможности большим, а номинальные токи плавких вставок и токи срабатывания автоматов – по возможности меньшими.

Нулевой провод вследствие неравномерности нагрузки фаз может и в нормальной эксплуатации иметь на отдельных участках некоторое напряжение по отношению к земле, что снижает эффективность зануления. Положение существенно осложняется при обрыве нулевого провода, т. к. все электроприемники, находящиеся за местом обрыва, теряют непосредственную связь с нейтралью трансформатора и переходят в режим с заземлением электроприемника вместо зануления.

Для повышения эффективности зануления применяют повторное заземление нулевого провода.

Повторное заземление нулевого провода в сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью служит для снижения напряжения прикосновения при замыкании фазного провода на корпус электроустановки при обрыве нулевого рабочего проводника, а также для усиления действия исправного общего зануления трансформаторной подстанции, т. к. увеличивает ток однофазного короткого замыкания и уменьшает напряжение по отношению к земле на аварийном корпусе электроустановки вследствие параллельного подключения R_3 и R_n (рис. 12.1).

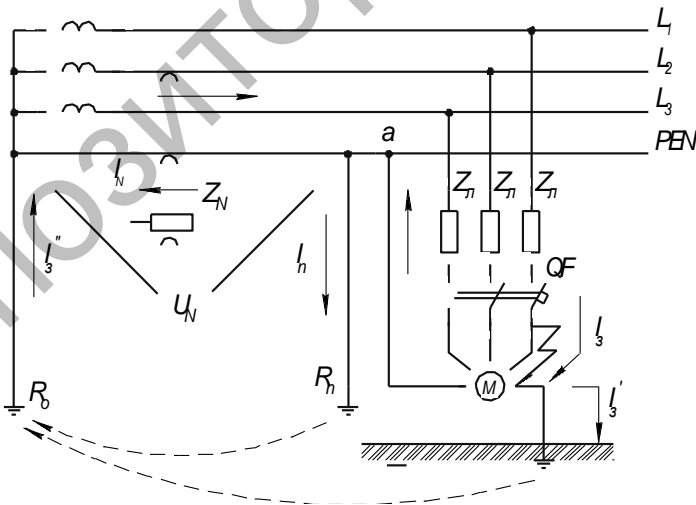


Рис. 12.1. Повторное заземление нулевого провода

При обрыве нулевого провода до повторного заземления при неравномерной нагрузке фаз или при однофазном замыкании на корпус электроприемника за местом обрыва образуется цепь (рис. 12.1): источник питания, корпус электроприемника, нулевой провод, параллельные сопротивления R_3 и R_n , сопротивление R_0 , нейтраль трансформатора. Напряжение на корпусе электроприемника будет тем меньше, чем меньше общее сопротивление параллельных сопротивлений R_3 и R_n по отношению к сопротивлению R_0 . Отключение замыкания на корпус за местом обрыва при этом не может произойти, но благодаря повторным заземлениям и заземлению корпуса напряжение на аварийном корпусе снижается и некоторая степень защиты сохраняется: ненормальный режим обнаруживается и безотлагательно устраняется.

2. Описание лабораторной установки

В работе рассматривается электроустановка (рис. 12.1), которая в производственных условиях расположена на относительно небольшом расстоянии от точки повторного заземления нулевого провода, поэтому в такой установке при однофазном коротком замыкании потенциал точки a практически равен потенциалу корпуса защищаемого устройства. Лабораторная установка выполнена в виде стенда с пультом управления и предназначена для моделирования замыкания фазного провода на корпус электродвигателя при наличии и отсутствии его зануления, защитного и повторного заземлений. Внутри стенда смонтирована электросхема (рис. 12.2), имитирующая работу электроустановки (рис. 12.1).

Обозначения на схемах (рис. 12.1, 12.2, 12.3):

M – асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором (фаза L_1 соединена с корпусом электродвигателя);

QF – выключатель автоматический;

КА – реле максимального тока, размыкающее фазы L_2 , L_3 силовой электрической цепи при превышении тока срабатывания и автоматически включающее электроцепь при снижении тока ниже тока срабатывания;

R_0 – сопротивление заземления нулевой точки источника питания с глухозаземленной нейтралью;

R_3 – сопротивление защитного заземления корпуса электродвигателя;

R_d – дополнительное сопротивление;
 R_n – сопротивление повторного заземления нулевого провода;
 Z_N – сопротивление нулевого рабочего провода;
 $Z_{л}$ – сопротивление фазных линий;
 $SB1$ – выключатель цепи зануления;
 $SB2$ – выключатель цепи заземления;
 $SB3$ – выключатель цепи повторного заземления;
 $PA1, PA2$ – амперметры;
 $PV1, PV2$ – вольтметры;
 $I_1 = I_3$ – ток однофазного короткого замыкания;
 $I_2 = I_3'' = I_n + I_3'$ – для рассматриваемых схем (рис. 12.1, 12.2) – ток, протекающий через сопротивление заземления нулевой (нейтральной) точки источника питания.

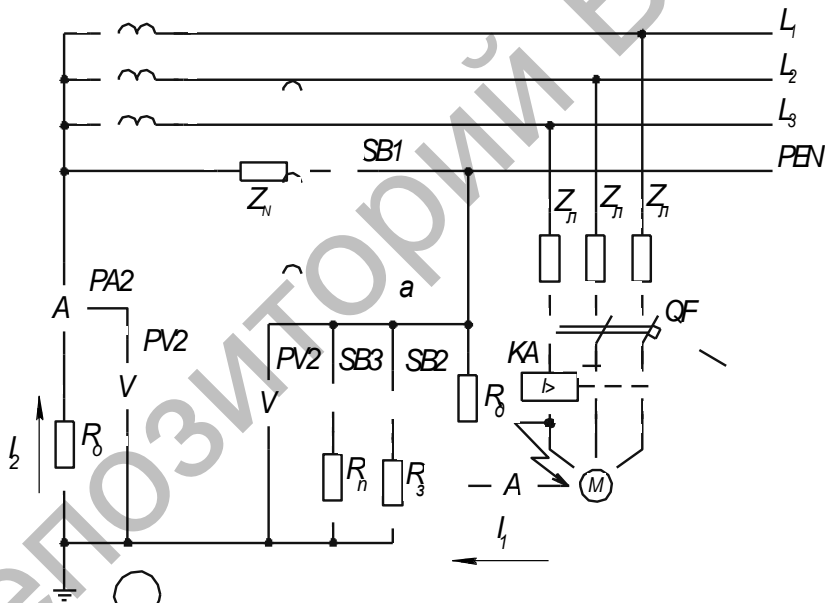


Рис. 12.2. Принципиальная схема лабораторной установки для моделирования замыкания фазного провода на корпус электродвигателя при наличии и отсутствии зануления, защитного и повторного заземлений

При наличии в электроустановке (рис. 12.1) зануления, защитного и повторного заземлений ток однофазного короткого замыка-

ния I_3 распределяется на ток I'_3 , протекающий через сопротивление заземления R_3 электродвигателя, ток I_N , протекающий по нулевому проводу, и ток $I_{п}$, протекающий через сопротивление $R_{п}$ повторного заземления.

Электродвигатель M подключается к сети с помощью автоматического выключателя QF (рис. 12.1, 12.2, 12.3), который в моделирующей установке остается включенным при выполнении всех пунктов лабораторной работы, а при превышении тока короткого замыкания I_3 (тока I_1) минимального тока срабатывания защиты (50 А) срабатывает реле КА, отключающее от статора электродвигателя M фазы L_2, L_3 , а фаза L_1 остается замкнутой на корпус электродвигателя M , чтобы можно было снять показания приборов. В действующей производственной установке (рис. 12.1, 12.3) при однофазном коротком замыкании реле максимального тока (электромагнитный расцепитель) автоматического выключателя QF обеспечивает отключение всех трех фаз, а последующее включение производится вручную.

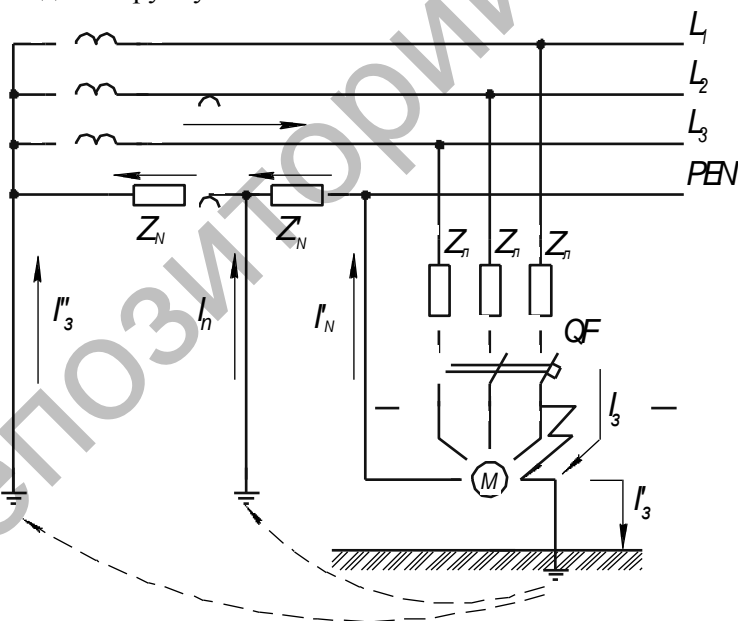


Рис. 12.3. Распределение токов однофазного короткого замыкания в электроустановке, расположенной на достаточном удалении от точки повторного заземления

В моделирующей установке при снижении тока I_3 ниже минимального тока срабатывания защиты реле КА автоматически подключает фазы L_2, L_3 к статору электродвигателя M .

Если производственная электроустановка расположена на достаточном удалении от точки повторного заземления (рис. 12.3), то величиной Z'_N пренебрегать нельзя. В такой установке ток однофазного короткого замыкания I_3 распределяется на токи I'_3 и I'_N , а ток I'_3 , в свою очередь, распределяется на токи I_n и I''_3 . Схема моделирующей установки для этого случая будет отличаться от схемы, приведенной на рис. 12.2.

При выполнении данной работы под обрывом нулевого провода (отсутствием зануления) подразумевается обрыв рабочего нулевого провода до точки подключения повторного заземления (рис. 12.2).

3. Порядок выполнения работы

1. Изучить методические указания.
2. Записать основные понятия, зарисовать схемы, приведенные на рис. 12.1, 12.2 и подготовить табл. 12.1 и 12.2.
3. Выполнить экспериментальную часть работы:

3.1. Исследовать однофазное замыкание на корпус электродвигателя при отсутствии зануления, защитного и повторного заземлений.

Для выполнения этого пункта необходимо включить автоматический выключатель QF (выключается только после выполнения всех пунктов экспериментальной части работы). Все выключатели на пульте управления поставить в положения, указанные в п. 1 табл. 12.1. Снять показания приборов. Полученные данные занести в табл. 12.2.

3.2. Проверить эффективность защиты при однофазном замыкании на корпус электродвигателя при наличии его зануления, защитного и повторного заземлений.

Произвести коммутацию схемы в соответствии с указаниями п. 2 табл. 12.1. Снять показания приборов. Данные занести в табл. 12.2.

3.3. Проверить эффективность защиты при однофазном замыкании на корпус электродвигателя при наличии только зануления.

Включить тумблеры на пульте управления в соответствии с п. 3 табл. 12.1. Снять показания приборов. Данные занести в табл. 12.2.

Таблица 12.1

Положения переключателей

№ опыта	QF	SB1 – зануление	SB1 – заземление	SB3 – повторное заземление
1	+	–	–	–
2	+	+	+	+
3	+	+	–	–
4	+	–	–	+
5	+	–	+	–
6	+	–	+	+

Примечание: «+» – включено, «–» – выключено.

Таблица 12.2

Результаты опытов

№ опыта	Напряжение на корпусе U_1 , В	Ток замыкания I_1 , А	Ток через землю I_2 , А	Напряжение между общим нулем ТП и землей U_2 , В	Срабатывание защиты: «+» – срабатывает, «–» – не срабатывает
1					
2					
3					
4					
5					
6					

3.4. Исследовать однофазное замыкание на корпус электродвигателя при обрыве нулевого рабочего провода при наличии повторного заземления.

Произвести коммутацию схемы в соответствии с п. 4 табл. 12.1. Снять показания приборов. Данные занести в табл. 12.2.

3.5. Исследовать однофазное замыкание на корпус электродвигателя при отсутствии зануления и наличии защитного заземления.

Включить тумблеры на пульте управления в соответствии с п. 5 табл. 12.1. Снять показания приборов. Данные записать в табл. 12.2.

3.6. Исследовать замыкание на корпус электродвигателя при обрыве нулевого рабочего провода при наличии защитного и повторного заземлений.

Включить тумблеры на пульте стенда в соответствии с п. 6 табл. 12.1. Снять показания приборов. Данные занести в табл. 12.2.

4. Сделать выводы по результатам эксперимента по всем пунктам его выполнения.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Дайте определения зануления, повторного заземления, поясните их назначение и принцип действия.
2. Поясните работу моделирующей установки.
3. Составьте эквивалентную схему для случая работы установки, приведенной на рис. 12.3.
4. Поясните сущность сделанных выводов.

Лабораторное занятие № 13

ЭЛЕКТРОЗАЩИТНЫЕ СРЕДСТВА В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Цель занятия: изучить устройство, назначение, порядок работы и испытания электротехнических защитных средств и предохранительных приспособлений.

Приборы и оборудование: стенд для изучения электротехнических защитных средств и предохранительных приспособлений.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания, уяснив устройство, назначение, порядок работы и испытания электротехнических защитных средств и предохранительных приспособлений.
2. Подготовить схемы и таблицу для фиксации результатов измерений.
3. Произвести измерения и сопоставить их результаты с расчетными значениями, сделать вывод.
4. Оформить отчет по работе и ответить на контрольные вопросы.

1. Общие положения

Электрозащитные средства служат для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля.

Основные электрозащитные средства, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановок, позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Дополнительные электрозащитные средства сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить защиту от поражения током и применяются совместно с основными электрозащитными средствами.

К электрозащитным средствам относятся:

- изолирующие штанги (оперативные, для наложения заземления, измерительные), изолирующие (для операций с предохранителями) и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, указатели напряжения для фазировки и т. д.;

– изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ под напряжением выше 1000 В и слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками для работы в электроустановках напряжением до 1000 В;

– электроизолирующие перчатки, боты, галоши, ковры, изолирующие накладки и подставки;

– индивидуальные экранизирующие комплекты;

– переносные заземления;

– оградительные устройства и электроизолирующие колпаки;

– плакаты и знаки безопасности.

Классификация защитных средств при эксплуатации электрооборудования напряжением до 1000 В приведена в табл. 13.1.

Таблица 13.1

Электроззащитные средства для работ в электроустановках напряжением до 1000 В

Основные	Дополнительные
1. Электроизолирующие штанги.	1. Электроизолирующие галоши.
2. Электроизолирующие и электроизмерительные клещи.	2. Электроизолирующие ковры и подставки.
3. Указатели напряжения.	3. Электроизолирующие колпаки и накладки.
4. Электроизолирующие перчатки.	4. Заземления переносные.
5. Ручной электроизолирующий инструмент.	5. Оградительные устройства.
6. Электроизолирующие средства и приспособления для проведения работ под напряжением на ВЛ 0,4 кВ	6. Плакаты и знаки безопасности.
	7. Лестницы приставные, стремянки электроизолирующие стеклопластиковые

Кроме перечисленных электроззащитных средств при работах в электроустановках следует при необходимости применять средства индивидуальной защиты следующих классов: средства защиты головы, средства защиты глаз и лица, средства защиты органов слуха, средства защиты рук, средства защиты от падения с высоты, средства индивидуальной защиты органов дыхания, одежда специальная защитная, обувь специальная защитная.

Все электроззащитные средства подлежат электрическим испытаниям для установления их электроизолирующих свойств после изго-

товления, ремонта и периодически в процессе эксплуатации. Перед испытанием защитное средство осматривают и при наличии механических повреждений бракуют. Испытания проводят, как правило, переменным током промышленной частоты. После испытаний на защитные средства проверяющая лаборатория ставит штамп, удостоверяющий их пригодность к дальнейшей эксплуатации. Сроки и нормы испытаний (испытательное напряжение, продолжительность испытаний и ток утечки) принимают в соответствии с ТКП 290–2010. Обычно продолжительность испытаний не превышает 1 мин. Испытательное напряжение, как правило, принимают равным трехкратному линейному напряжению электроустановки. Изолирующую часть штанг и клещей испытывают повышенным напряжением. Их считают выдержавшими испытание, если в течение всего периода испытаний не возникали разряды на поверхности, не были отмечены колебания показаний приборов и после снятия испытательного напряжения изолирующая часть не имела местных нагревов.

Испытания электротехнических защитных средств для установок до 1000 В проводятся:

- для указателей напряжения – 1 раз в 12 месяцев;
- для резиновых электроизолирующих перчаток – 1 раз в 6 месяцев;
- для резиновых электроизолирующих ботов – 1 раз в 36 месяцев;
- для резиновых электроизолирующих галош – 1 раз в 12 месяцев;
- для лестниц приставных и стремянок электроизолирующих – 1 раз в 6 месяцев.

В ТКП 290–2010 приведены формы протоколов испытаний.

2. Основные электротехнические защитные средства

Электроизолирующие оперативные штанги и штанги наложения заземления. Изолирующие штанги предназначены для оперативной работы, измерений (проверки изоляции и соединителей на линиях электропередачи и подстанциях), установки деталей разрядников и т. д.

Электроизолирующие штанги могут быть универсальными со сменными головками (рабочими частями) для выполнения различных операций.

Электроизолирующая штанга состоит из рабочей и изолирующей частей и рукоятки. Рабочей частью измерительной штанги

является измерительное устройство. Конструкция рабочей части определяется ее назначением и должна исключать ее соскальзывание при операциях с разъединителями. Общая длина изолирующих штанг и штанг для наложения заземлений должна обеспечивать свободное пользование ими с пола, с земли, а на ВЛ – и с опор.

Общая длина изолирующих штанг определяется условиями работы с ними. Эти штанги могут быть составлены из нескольких звеньев, для соединения которых допускается использовать детали из электроизоляционных материалов или металла. Допускается применять телескопическую конструкцию.

Изолирующие клещи. Предназначены для замены трубчатых предохранителей типов ПР и НПН на токи 15–60 А. Установка и снятие предохранителей, как правило, производится при снятом напряжении. Допускается производить эти операции под напряжением, но без нагрузки; при этом необходимо пользоваться электроизолирующими перчатками и очками.

Изолирующие клещи должны применяться в закрытых электроустановках; в сухую погоду могут применяться и в открытых. Измерения клещами допускается производить как на частях, покрытых изоляцией (провод, кабель, трубчатый патрон предохранителя и т. п.), так и на голых частях (шины и пр.).

При пользовании клещами в электроустановках выше 1000 В работающий должен иметь на руках электроизолирующие перчатки, а при снятии и постановке предохранителей под напряжением он должен пользоваться, кроме того, защитными очками.

Электроизмерительные клещи предназначены для измерения электрических величин – тока, напряжения, мощности, фазового угла и др. – без разрыва токовой цепи и без нарушения ее работы. В соответствии с измеряемыми величинами существуют клещевые амперметры, ампервольтметры, ваттметры и фазометры.

Наибольшее распространение получили клещевые амперметры переменного тока, которые обычно называют токоизмерительными клещами. Они служат для быстрого измерения тока в проводнике без разрыва и без вывода его из работы. Электроизмерительные клещи применяются в установках до 10 кВ включительно.

Простейшие токоизмерительные клещи переменного тока работают на принципе одновиткового трансформатора тока, первичной обмоткой которого является шина или провод с измеряемым током,

а вторичная многовитковая обмотка, к которой подключен амперметр, намотана на разъемный магнитопровод (рис. 13.1, а). Для охвата шины магнитопровод раскрывается подобно обычным клещам при воздействии оператора на изолирующие рукоятки или рычаги клещей.

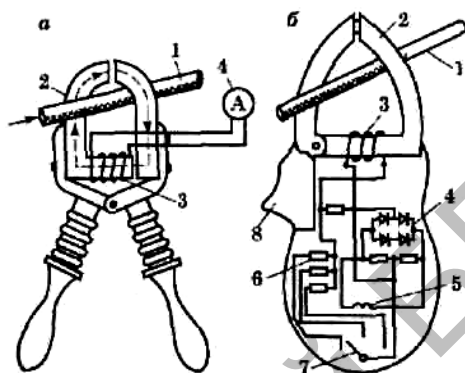


Рис. 13.1. Схемы токоизмерительных клещей переменного тока:

а – схема простейших клещей с использованием принципа одновиткового трансформатора тока; б – схема, сочетающая одновитковый трансформатор тока с выпрямительным устройством; 1 – проводник с измеряемым током; 2 – разъемный магнитопровод; 3 – вторичная обмотка; 4 – выпрямительный мостик; 5 – рамка измерительного прибора; 6 – шунтирующий резистор; 7 – переключатель пределов измерений; 8 – рычаг

Переменный ток, проходя по токоведущей части, охваченной магнитопроводом, создает в магнитопроводе переменный магнитный поток, индуцирующий ЭДС во вторичной обмотке клещей. В замкнутой вторичной обмотке ЭДС создает ток, который измеряется амперметром, укрепленным на клещах. В современных конструкциях токоизмерительных клещей применяется схема, сочетающая трансформатор тока с выпрямительным прибором. В этом случае выводы вторичной обмотки присоединяются к электроизмерительному прибору не непосредственно, а через набор шунтов (рис. 13.1, б).

Электроизмерительные клещи бывают двух типов: одноручные для установок до 1000 В и двуручные для установок от 2 до 10 кВ включительно. Клещи имеют три основные части: рабочую, включающую магнитопровод, обмотки и измерительный прибор; изолирующую – от рабочей части до упора; рукоятки – от упора до конца клещей.

У одноручных клещей изолирующая часть служит одновременно рукояткой. Раскрытие магнитопровода осуществляется с помощью нажимного рычага. Электроизмерительные клещи для установок 2–10 кВ имеют длину изолирующей части не менее 38 см, а рукояток – не менее 13 см. Размеры клещей до 1000 В не нормируются.

Человек, производящий измерение, должен пользоваться электроизолирующими перчатками и стоять на изолирующем основании. Второй человек должен стоять сзади и несколько сбоку от оператора и читать показания приборов клещей.

Указатели напряжения

Указатели напряжения (рис. 13.2) – переносные приборы, предназначенные для проверки наличия или отсутствия напряжения на токоведущих частях. Такая проверка необходима, например, при работе непосредственно на отключенных токоведущих частях, при контроле исправности электроустановок, отыскании повреждений в электроустановке, проверке электрической схемы и т. п.

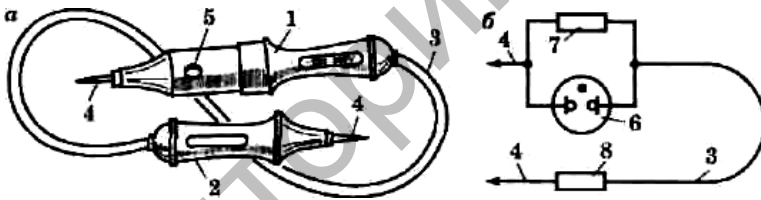


Рис. 13.2. Двухполюсный указатель напряжения

для электроустановок переменного тока 220–500 В (50 Гц):

a – общий вид; *б* – схема соединений; 1 – основная рукоятка;

2 – вспомогательная рукоятка; 3 – соединительный провод типа «магнето»;

4 – щуп; 5 – отверстие в корпусе рукоятки для наблюдения за свечением

неоновой лампочки; 6 – неоновая лампочка; 7 – шунтирующий резистор;

8 – добавочный резистор

Во всех этих случаях требуется установить лишь наличие или отсутствие напряжения, но не его значение, которое, как правило, известно.

Все указатели имеют световой сигнал, загорание которого свидетельствует о наличии напряжения на проверяемой части или между проверяемыми частями. Указатели бывают для электроустановок до 1000 В и выше.

Указатели, предназначенные для электроустановок до 1000 В, делятся на двухполюсные и однополюсные.

Двухполюсные указатели требуют прикосновения к двум частям электроустановки, между которыми необходимо определить наличие или отсутствие напряжения (рис. 13.2, а). Принцип их действия – свечение неоновой лампочки, лампы накаливания (мощностью не более 10 Вт) или светодиода при протекании через них тока, обусловленного разностью потенциалов между двумя частями электрической установки, к которым прикасается указатель. Потребляя малый ток – от долей до нескольких миллиампер, – лампа обеспечивает устойчивый и четкий световой сигнал, излучая оранжево-красный свет.

После возникновения разряда ток в цепи лампы постепенно увеличивается, т. е. сопротивление лампы как бы уменьшается, что в конце концов приводит к выходу лампы из строя. Для ограничения тока до нормального значения последовательно с лампой включается резистор 8 (рис. 13.2, б).

Двухполюсные указатели могут применяться в установках как переменного, так и постоянного тока. Однако при переменном токе металлические части указателя – цоколь лампы, провод, щуп – могут создать емкость относительно земли или других фаз электроустановки, достаточную для того, чтобы при касании к фазе лишь одного щупа указатель с неоновой лампочкой светился. Чтобы исключить это явление, схему дополняют шунтирующим резистором 7, шунтирующим неоновую лампочку и обладающим сопротивлением, равным добавочному резистору 8. На рис. 13.2 показан один из типов двухполюсного указателя для установок переменного тока.

Однополюсные указатели требуют прикосновения лишь к одной – испытываемой токоведущей части. Связь с землей обеспечивается через тело человека, который пальцем руки создает контакт с цепью указателя (рис. 13.3). При этом ток не превышает 0,3 мА.

Изготавливаются однополюсные указатели обычно в виде автоматической ручки или отвертки, в корпусе которой, выполненном из изоляционного материала и имеющем смотровое отверстие, размещены сигнальная лампочка и резистор; на нижнем конце корпуса укреплен металлический щуп, а на верхнем – плоский металлический контакт, которого оператор касается пальцем. Однополюсный указатель может применяться только в установках

переменного тока, поскольку при постоянном токе его лампочка не горит и при наличии напряжения. Его рекомендуется применять при проверке схем вторичной коммутации, определении фазного провода в электросчетчиках, ламповых патронах, выключателях, предохранителях и т. п.

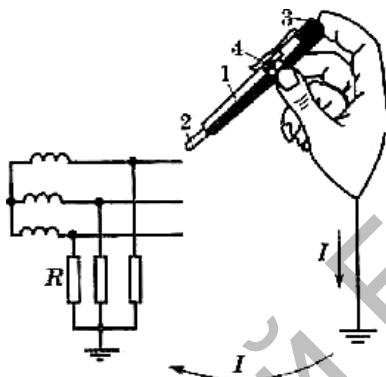


Рис. 13.3. Схема применения однополюсного указателя напряжения до 1000 В: 1 – корпус указателя; 2 – щуп; 3 – металлический контакт, которого касается пальцем оператор; 4 – отверстие в корпусе для наблюдения за свечением неоновой лампочки; R – сопротивление изоляции проводов сети относительно земли; I – ток, протекающий через указатель

При использовании указателей напряжения до 1000 В можно обходиться без защитных средств.

Правила техники безопасности запрещают применять вместо указателя напряжения так называемую контрольную лампу – лампу накаливания, ввернутую в патрон, заряженный двумя короткими проводами. Это запрещение вызвано тем, что при случайном включении лампы на большее напряжение, чем она рассчитана, или при ударе о твердый предмет возможен взрыв ее колбы и, как следствие, ранение оператора.

Указатели для электроустановок напряжением выше 1000 В, называемые также указателями высокого напряжения (УВН), действуют по принципу свечения неоновой лампочки при протекании через нее емкостного тока, т. е. зарядного тока конденсатора, включенного последовательно с лампочкой. Эти указатели пригодны лишь для установок переменного тока, и приближать их надо только к одной фазе.

Указатель высокого напряжения УВНК-10Б (рис. 13.4, 13.5) состоит из трех основных частей: бесконтактной (БЧ), изолирующей (ИЧ) и контактной (КЧ).

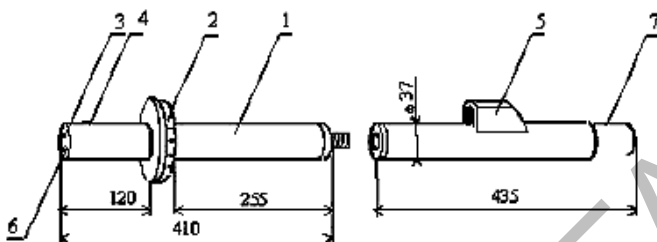


Рис. 13.4. Указатель высокого напряжения УВНК-10Б в разобранном состоянии

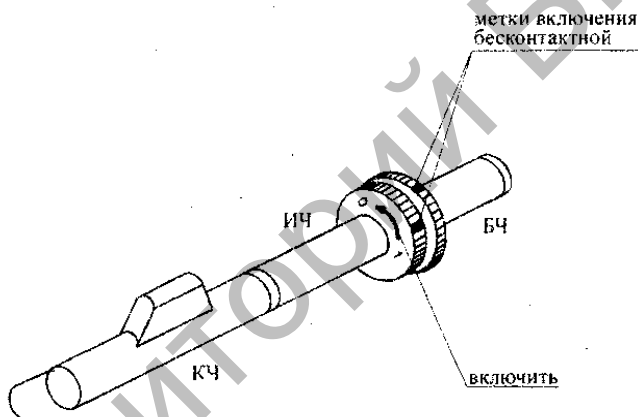


Рис. 13.5. Указатель высокого напряжения УВНК-10Б в собранном состоянии

Бесконтактная часть расположена в рукоятке и предназначена для предупреждения травматизма путем определения наличия напряжения без касания токоведущих частей.

Бесконтактная часть состоит из выключателя 2, выполненного в ограничительном кольце, проверочных контактов 3 и 4, светодиода 6 и электронной платы, размещенной внутри корпуса. Проверочный контакт 4 используется для повышения чувствительности при определении напряжения бесконтактным способом.

Изолирующая часть 1 предназначена для изоляции пользователя от высокого напряжения, рассчитана на длительную работу при

номинальном напряжении 10 кВ и проверяется повышенным напряжением 40 кВ.

Контактная часть предназначена для определения наличия и отсутствия напряжения на каждой фазе в любых условиях – при ярком свете, при посторонних шумах, на деревянных опорах ВЛ и т. д. Состоит из контактного крюка 7, индикаторного светодиода, помещенного внутри затенителя 5, и электронной платы, размещенной внутри корпуса.

Изолированный инструмент

Изолированный инструмент (рис. 13.6) – это слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками (ключи гаечные разводные, плоскогубцы, кусачки, отвертки, монтерские ножи и т. п.), применяемый в качестве основного электрозачитного средства для работы под напряжением до 1000 В. Изолирующие рукоятки должны быть выполнены в виде электроизолирующих чехлов или неснимаемого покрытия из влагостойкого, маслбензостойкого, нехрупкого, нескользкого (рифленого) изоляционного материала. У отверток изолируется не только рукоятка, но и стержень по всей его длине. Изоляция должна покрывать всю рукоятку и иметь упор. Перед каждым применением инструмент должен быть осмотрен. Рукоятки не должны иметь раковин, трещин, сколов, вздутий, увлажнений и загрязнений. При работе с изолированным инструментом под напряжением необходимо применять дополнительные средства защиты (электроизолирующие галоши, ковры, изолирующие подставки). Применение электроизолирующих перчаток не требуется.

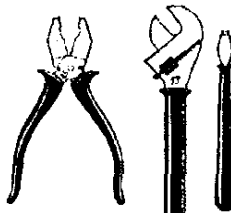


Рис. 13.6. Набор слесарно-монтажных инструментов

Рассмотренные выше электрозачитные средства являются основными для электроустановок до 1000 В.

3. Дополнительные электротехнические защитные средства

Переносные заземления

При отсутствии стационарных заземляющих ножей переносные заземления (рис. 13.7, 13.8) являются наиболее надежным средством защиты при работе на отключенных токоведущих частях от ошибочно поданного или наведенного напряжения.

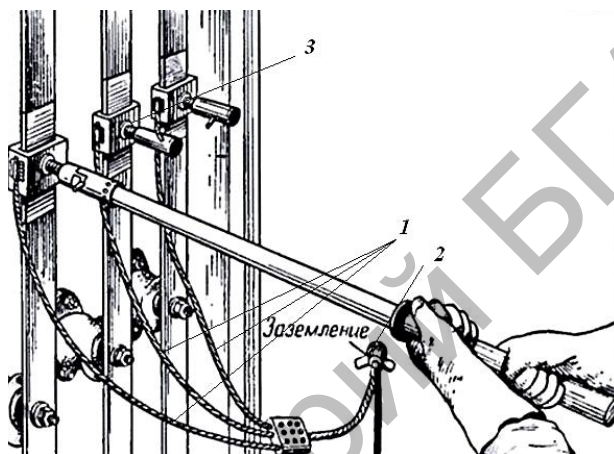


Рис. 13.7. Наложение переносного заземления на шины электроустановки с помощью изолирующей штанги:
1 – провод переносного заземления; 2 – наконечник для присоединения переносного заземления к заземляющей шине электроустановки;
3 – винтовой зажим для закрепления на шинах



Рис. 13.8. Переносное заземление

При ошибочном включении электроустановки, токоведущие части которой замкнуты накоротко и заземлены, возникает трехфазное

короткое замыкание на землю; срабатывает защита (предохранители, автоматические выключатели), и установка быстро отключается. При затягивании процесса отключения безопасность работающих обеспечивается тем, что вблизи места наложения заземления фазные и линейные напряжения близки к нулю. Переносное заземление должно обладать электродинамической и термической стойкостью по отношению к возникшему току короткого замыкания, в связи с чем к нему предъявляются следующие требования:

а) провода должны быть голыми, гибкими, многожильными, медными сечением не менее 25 мм^2 в установках выше 1000 В и не менее 16 мм^2 в установках до 1000 В;

б) зажимы для присоединения закорачивающих проводов к шинам (струбцины) должны иметь такую конструкцию, чтобы при прохождении тока к. з. заземление не могло быть сорвано с места электродинамическими силами;

в) наконечник на проводе для заземления должен выполняться в виде струбцины или соответствовать конструкции зажима (барашка) на заземляющем проводе или конструкции;

г) элементы переносного заземления должны быть соединены путем прессовки, сварки или болтами с предварительным лужением контактных поверхностей. Применение пайки запрещается.

Переносные заземления накладываются на токоведущие части в установленных для этого местах, которые очищаются от краски и окаймляются черными полосами.

Операция наложения заземления неразрывно связана с проверкой отсутствия напряжения. Переносное заземление сначала нужно присоединить к земле, а затем сразу после проверки отсутствия напряжения наложить на токоведущие части. Закреплять струбцины на токоведущих частях нужно с помощью специальной штанги или непосредственно руками в электроизолирующих перчатках. Сначала нужно снимать переносные заземления с токоведущих частей, а затем отсоединять от земли.

В электроустановках напряжением до 1000 В все операции по наложению и снятию переносных заземлений могут выполняться одним лицом с группой не ниже III.

Все переносные заземления должны быть пронумерованы. Ведется строгий учет всех наложенных заземлений.

Электроизолирующие перчатки, боты и галоши

Электроизолирующие перчатки, боты и галоши при приемосдаточных и эксплуатационных испытаниях испытывают повышенным напряжением с измерением тока, проходящего через изделие.

При испытании электроизолирующие перчатки, боты и галоши погружают в металлический сосуд с водой, имеющий температуру 15–35 °С, которая заливается также внутрь этих изделий. Уровень воды как снаружи, так и внутри изделий должен быть на 50 мм ниже верхнего края перчаток, отворотов ботов и на 20 мм ниже бортов галош.

Выступающие края испытываемых изделий должны быть сухими. Один вывод испытательного трансформатора соединяют с сосудом, другой заземляют. Внутри изделия опускают электрод, соединенный с заземлением через миллиамперметр.

Изолирующие подставки и электроизолирующие ковры

Приемосдаточные испытания изолирующих подставок заключаются в испытании опорных изоляторов напряжением 36 кВ.

Опорные изоляторы изолирующих подставок можно испытывать отдельно или вместе с настилом. В последнем случае металлические колпачки всех изоляторов, а также все основания изоляторов электрически соединяются между собой. Испытательное напряжение прикладывают к колпачкам и основаниям изоляторов.

При испытаниях необходимо наблюдать за состоянием изоляторов; если происходят скользящие разряды или перекрытия, подставку бракуют.

После испытаний на основаниях опорных изоляторов ставят штамп об испытании. Забракованные опорные изоляторы меняют.

В процессе эксплуатации подставки и ковры электрическим испытаниям не подвергают. Их отбраковывают при осмотрах. Ковры следует очищать от грязи и осматривать не реже 1 раза в 6 месяцев. При обнаружении дефектов в виде проколов, надрывов и т. п. следует заменять ковры новыми. Подставки осматривают 1 раз в 3 года.

Изолирующие накладки

Изолирующие жесткие накладки из твердого электроизоляционного материала для электроустановок 3–10 кВ испытывают напряжением 20 кВ, для электроустановок 15 кВ – напряжением

30 кВ, для электроустановок 20 кВ – напряжением 40 кВ. Продолжительность испытания – 5 мин.

Для испытания электрической прочности накладку сначала помещают между двумя пластинчатыми электродами, отступив от их краев 50 мм, а затем с каждой стороны между электродами, расстояние между которыми не должно превышать расстояния между полюсами разъединителя на соответствующее напряжение.

Изолирующие накладки из диэлектрической резины для электроустановок до 1000 В испытывают напряжением 2 кВ в течение 1 мин. Накладку со смоченной водой рифленой поверхностью (при наличии рифления) помещают между двумя электродами, отступив от их краев 15 мм.

Для измерения тока, протекающего через накладку, в цепь повышающей обмотки трансформатора включают миллиамперметр. Ток при приемосдаточных испытаниях не должен превышать 5 мА, при эксплуатационных – 6 мА. Продолжительность испытания – 1 мин.

Изолирующие накладки из твердого электроизоляционного материала на напряжение до 1000 В испытывают по тем же нормам, что и резиновые, но без измерения тока утечки.

Слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками

Изоляцию инструмента испытывают напряжением 6 кВ при приемосдаточных испытаниях и 2 кВ при эксплуатационных испытаниях. Продолжительность испытания – 1 мин.

Для испытания повышенным напряжением инструмент, предварительно очищенный от грязи и жира, погружают изолированной частью в ванну с водой температурой $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ так, чтобы уровень воды был ниже края изоляции на 10 мм. Один вывод испытательного трансформатора присоединяют к металлической части инструмента, а второй – к ванне с водой. Второй вывод трансформатора заземляют.

Испытания можно проводить на установке для проверки перчаток, ботов и галош.

Плакаты и знаки безопасности

Плакаты и знаки безопасности применяются для предотвращения ошибочного включения коммутационных аппаратов, для предупреждения об опасности при приближении к токоведущим частям,

находящимся под напряжением, и т. п. Они делятся на предупреждающие, запрещающие, предписывающие и обеспечения безопасности по ГОСТ ISO 3864.1–2013 «Сигнальные цвета и знаки безопасности».

Предохранительные пояса и страховочные канаты

Предохранительные пояса перед выдачей в эксплуатацию, а также через каждые 6 месяцев должны подвергаться испытанию статической нагрузкой по методике, приведенной в стандартах или технических условиях на пояса конкретных конструкций. Если отсутствуют данные завода-изготовителя, статическую нагрузку при эксплуатационных испытаниях следует принимать равной 4000 Н (400 кгс).

После испытания под нагрузкой проводится тщательный осмотр пояса. При отсутствии видимых повреждений допускается его эксплуатация.

Канат перед эксплуатацией, а также через каждые 6 месяцев испытывается статической нагрузкой.

Соответствие установленного в рабочее положение каната предъявляемым к нему требованиям следует определять путем его статического нагружения в середине пролета грузом массой 400 кг, который прикладывают к установленному в рабочее положение канату.

Предварительное натяжение рекомендуется контролировать величиной провисания в середине пролета натянутого каната.

Канат считают выдержавшим испытания, если в результате внешнего осмотра не обнаружены разрушения или трещины в его деталях.

4. Устройство и применение указателей напряжения

Перед началом всех видов работ в электроустановках со снятием напряжения необходимо проверить отсутствие напряжения на участке работы. Проверка отсутствия напряжения на отключенной для производства работ части электроустановки должна быть проведена допускающим после вывешивания запрещающих плакатов.

Однополюсные указатели рекомендуется применять для определения фазного провода при подключении электросчетчиков, патронов, выключателей, предохранителей и т. п. При пользовании

однополюсными указателями напряжения во избежание их неправильных показаний применение электроизолирующих перчаток запрещается. Проверять отсутствие напряжения нужно как между фазами, так и между каждой фазой и заземленным корпусом или заземляющим (зануляющим) проводом. При этом используется двухполюсный указатель.

Исправность указателей перед применением должна быть установлена посредством предназначенных для этой цели специальных приборов или приближением к токоведущим частям, расположенным поблизости и заведомо находящимся под напряжением. В электроустановках напряжением выше 1000 В пользоваться указателем напряжения необходимо в электроизолирующих перчатках.

При отсутствии поблизости токоведущих частей, заведомо находящихся под напряжением, или иной возможности проверить исправность указателя напряжения на месте работы допускается предварительная его проверка в другой электроустановке. Если проверенный таким образом указатель напряжения был уронен или подвергался толчкам (ударам), то применять его без повторной проверки запрещается.

В электроустановках напряжением 35 кВ и выше для проверки отсутствия напряжения можно также пользоваться изолирующей штангой, прикасаясь ею несколько раз к токоведущим частям. Признаком отсутствия напряжения является отсутствие искрения и потрескивания.

Проверять отсутствие напряжения в электроустановках подстанций и в распределительных устройствах (РУ) разрешается одному лицу из оперативного или оперативно-ремонтного персонала с группой по электробезопасности не ниже IV в электроустановках напряжением выше 1000 В и с группой не ниже III – в установках до 1000 В.

На ВЛ напряжением выше 1000 В проверку отсутствия напряжения должны выполнять два лица с группами не ниже IV и III, на ВЛ напряжением до 1000 В допускается выполнять одному с группой не ниже III.

Указатель низкого напряжения УНН ЗП 36-660В (24-400В) предназначен для определения наличия и отсутствия постоянного и переменного напряжения от 36 до 660 В (от 24 до 400 В).

Указатель относится к основным электротехническим средствам, имеет световую и звуковую индикацию, позволяет определить

уровень, полярность постоянного и фазу переменного напряжения, целостность электрических цепей сопротивлением не более 50 кОм (светозвуковая прозвонка). Указатель работает при непосредственном прикосновении к токоведущим частям контактами-наконечниками. Отличительной особенностью указателя является отсутствие гальванических элементов питания и переключателей, определение целостности цепи осуществляется за счет энергии накопительного конденсатора. Одной зарядки достаточно для работы в течение всего рабочего дня.

Для определения наличия или отсутствия напряжения на ВЛ 0,4 кВ на безопасном расстоянии от проводов используется указатель низкого напряжения УНН ЗП ВЛ. Для этого указатель комплектуется двумя изолированными по всей длине электродами длиной 60 см с контактами-наконечниками в форме крючков. Электроды накручиваются на контакты-наконечники корпуса и щуп указателя, а крючки позволяют навесить корпус указателя на провод.

5. Указатель высокого напряжения комбинированный УВНК-10Б (6–10 кВ)

Для подготовки указателя к работе необходимо:

1. Извлечь указатель из чехла, сначала бесконтактную, затем контактную часть. Визуально проверить целостность прибора. При наличии влаги или загрязнений удалить их салфеткой. В случае запотевания указателя в теплом помещении после хранения либо эксплуатации на морозе необходимо выдержать его в течение 20 мин в этом помещении и протереть салфеткой насухо.

2. Включить бесконтактную часть путем вращения выключателя 2 из положения 0 в положение 1 до фиксации (см. рис. 13.5). При этом должны совпасть два цветных сектора на ограничительном кольце.

3. Проверить работоспособность бесконтактной части путем одновременного касания увлажненными пальцами металлических контактных площадок 3 и 4. При этом должна сработать прерывистая светозвуковая сигнализация бесконтактной части. Следует обращать внимание на срабатывание всех видов индикации – света, звука и вибрации. Отсутствие одного из видов индикации свидетельствует о разряде элемента питания или о неисправности.

4. Собрать указатель, соединив контактную часть с изолирующей с помощью резьбового соединения.

5. Проверить работоспособность контактной части. Для этого собранный и включенный указатель необходимо проверить с помощью специального проверочного устройства или, надев электроизолирующие перчатки, на электроустановке, заведомо находящейся под напряжением. При этом должны сработать и контактная, и бесконтактная части.

Работа с указателем

Работать с УВНК-10Б значительно безопаснее, чем с любым другим указателем, т. к. в нем совмещены и дополняют преимущества друг друга безопасная технология бесконтактного сигнализатора (наличие напряжения можно определить на расстоянии, не касаясь токоведущих частей, а на ВЛ – с земли, без подъема на опору) и очевидные преимущества контактного указателя напряжения (основное средство защиты, отличная изоляция, возможность определения напряжения на каждой фазе).

Психологически указатель дает возможность человеку уменьшить трудозатраты не за счет собственной безопасности, а за счет технических возможностей УВНК-10Б (выявить опасное напряжение без подъема на опору), поэтому работать с УВНК-10Б не только безопаснее, но и легче и быстрее.

Работа собранным указателем с выключенной бесконтактной частью проводится для ознакомления с конструкцией и возможностями контактной части указателя. В этом случае работа с указателем УВНК-10Б состоит в следующем:

- подготовить УВНК-10Б к работе;
- надеть электроизолирующие перчатки и коснуться крюком (штырем) исследуемых токоведущих частей. Если последовали вспышки ярко-красного цвета, прерывистый звуковой сигнал и ощущается вибрация корпуса – напряжение есть, если вспышек нет – напряжение отсутствует.

Работа собранным указателем с включенной бесконтактной частью проводится с целью ознакомления с возможностями бесконтактной части УВНК-10Б:

- подготовить указатель к работе;
- не надевая электроизолирующих перчаток и не касаясь токоведущих частей, ознакомиться с работой бесконтактной части.

При этом необходимо убедиться в значительном повышении чувствительности при касании контакта 4.

Дальнейшая работа с УВНК проводится только с включением БЧ.

Все работы с указателем необходимо начинать с проверки наличия напряжения бесконтактной частью. БЧ сработала => есть напряжение => работать нельзя. Операция занимает несколько секунд: не надевая электроизолирующих перчаток, включить БЧ, проверить ее работоспособность и, коснувшись контакта 4 большим пальцем, направить указатель в сторону токоведущих частей.

При срабатывании БЧ дальнейшие операции (проверка отсутствия напряжения и т. д.) не имеют смысла ввиду опасности прикосновения.

Если бесконтактным способом наличие напряжения не выявлено, следует надеть электроизолирующие перчатки и проверить отсутствие напряжения касанием контактной частью исследуемых токоведущих частей. Если возникли импульсные вспышки – напряжение есть. При отсутствии световых вспышек и свечения напряжения нет.

Если наличия напряжения не выявлено, необходимо подняться на опору либо определить отсутствие напряжения касанием с земли, используя универсальную изолирующую штангу.

Перед подъемом на опору уже проверенный указатель необходимо разобрать и уложить в чехол: сначала контактную, затем бесконтактную часть. Чтобы руки были свободны, ремень чехла перекидывается через правое плечо так, чтобы чехол находился на левом боку. Далее нужно подняться на опору. За 1,5 м до нижнего провода необходимо извлечь бесконтактную часть указателя, включить ее, проверить работоспособность и, не надевая перчаток, поднести к токоведущим частям на расстояние не ближе 1 м. Если сигнализация срабатывает – присутствует опасное напряжение, необходимо немедленно спуститься на землю. Если сигнализация не срабатывает – необходимо воспользоваться контактной частью.

Бесконтактная часть может быть использована для дистанционного контроля наличия опасного напряжения. Чувствительность ее выбрана таким образом, чтобы при касании большим пальцем (без перчатки) контакта повышения чувствительности БЧ обеспечивала избирательное определение напряжения при работе в коридоре прохождения нескольких параллельных ВЛ 10 кВ.

Дистанция срабатывания зависит от вида электроустановки и составляет:

- для ячейки 6–10 кВ – 0,6–1,0 м от кабельной разделки при открытой дверце, при этом на соседние закрытые ячейки указатель не реагирует (расстояния даются от ограничительного кольца);
- для ВЛ 6 кВ – не менее 2 м, в середине пролета – с земли;
- для ВЛ 10 кВ – не менее 3 м, в середине пролета – с земли;
- для ввода 10 кВ на КТП 10/0,4 кВ – с земли.

При определении наличия напряжения на ВЛ, КТП с земли чувствительность БЧ сильно уменьшается вблизи деревьев, кустарников и других посторонних предметов, в непосредственной близости от опоры, от членов бригады, а также при использовании БЧ на деревянной опоре. Поэтому при наличии деревьев и других посторонних предметов, закрывающих провода, необходимо отойти к середине пролета, свободной от помех распространению электрического поля.

При определении напряжения 6–10 кВ на ОРУ 35 кВ и выше, являющихся мощным источником электрического поля, рекомендуется надевать электроизолирующие перчатки и не касаться контакта повышения чувствительности БЧ. При надетой электроизолирующей перчатке рука изолируется от контакта 4, чувствительность БЧ не увеличивается и указатель не срабатывает от соседних электроустановок более высокого напряжения.

Определение наличия напряжения с помощью БЧ с земли можно производить при напряжениях и выше 10 кВ. Так, для ВЛ 35 кВ дистанция срабатывания составляет 10–15 м, для ВЛ 110 кВ – 15–22 м, для ВЛ 330 кВ – до 70 м.

При работе на опоре ВЛ 6–10 кВ указатель не следует прислонять к телу опоры. Для получения максимальной чувствительности БЧ при бесконтактном определении наличия напряжения необходимо, находясь на опоре, отвести руку с указателем в сторону пролета на расстояние 0,7–1 м от тела опоры. В этом случае при касании рукой без перчатки контакта 4 дистанция срабатывания БЧ составляет несколько метров.

Определение шагового напряжения

Указателем определяют шаговое напряжение, которое может возникнуть, например, вблизи опоры ВЛ при пробое изолятора или обрыве провода. Чтобы проверить отсутствие шагового напряжения при устранении повреждений и других работах в таких местах, необходимо:

- подготовить указатель к работе;
- не надевая перчаток и касаясь большим пальцем контакта 4, вытянуть руку с указателем вперед на высоте пояса или ниже и подойти небольшими шагами по направлению к опоре ВЛ, лежащему на земле проводу либо заземлителю вплоть до касания их крюком контактной части.

Если БЧ не сработала, значит, шагового напряжения нет.

Подходить к опоре необходимо так, чтобы БЧ не срабатывала от наличия напряжения на соседних электроустановках 10 кВ и выше.

Работа на ВЛ с изолированными проводами

При работе на ВЛ с изолированными проводами основным инструментом определения напряжения является бесконтактная часть указателя.

Сначала необходимо определить наличие напряжения с земли, без подъема на опору.

Если с земли наличие напряжения не выявлено, нужно совершить подъем на опору.

Если без касания провода напряжение не выявлено, необходимо, не надевая перчаток и касаясь контакта 4 ладонью, дотронуться крюком указателя до изолированного провода ВЛ.

При наличии напряжения сработает сигнализация бесконтактной части.

Требования безопасности

Проверка отсутствия напряжения с применением указателя УВНК-10Б должна производиться в соответствии с требованиями ТКП 181–2009.

Разрешается пользование указателем УВНК-10Б электротехническому персоналу с соответствующей группой по электробезопасности.

При проверке отсутствия напряжения контактным способом должны использоваться электроизолирующие перчатки.

Запрещается:

- менять заземляющий тросик, в т. ч. на деревянных опорах ВЛ;
- эксплуатировать УВНК-10Б во время дождя, тумана, снегопада;
- пользоваться неисправным прибором;
- использовать бесконтактную часть для определения отсутствия напряжения (кроме ВЛ с изолированными проводами).

При касании токоведущих частей расстояние между корпусом указателя и заземленными элементами (опора ВЛ, металлические части ячейки и т. д.) должно составлять не менее 5 см.

5. Порядок выполнения работы

1. Собрать электроизмерительные клещи типа Ц-90, установить переключатель на предел измерения 15 А, подключить нагрузку, охватить магнитопроводом один из проводов подключения нагрузки, произвести измерение тока и рассчитать потребляемую нагрузкой мощность (рис. 13.9).

2. Собрать электроизмерительные клещи типа Д-90, установить переключатель на предел измерения 25 кВ, подключить напряжение к гнездам «звездочка» и «220», подключить нагрузку, охватить магнитопроводом один из проводов подключения нагрузки и произвести измерения мощности, потребляемой нагрузкой (рис. 13.9).

3. Сравнить рассчитанное и измеренное значения потребляемой мощности.

4. Подключить регулятор напряжения РНШ; увеличивая величину напряжения, зафиксировать момент загорания индикатора низковольтного указателя напряжения, затем, снижая величину напряжения, зафиксировать момент погасания индикатора. Построить по полученным значениям характеристику $A = f(U)$.

5. Собрать указатель высокого напряжения комбинированный УВНК-10Б (рис. 13.9).

Подключить к выходам «Л» и «≡» мегаомметра М4100/5 провода для измерения сопротивления линии. Вращая ручку генератора прибора М4100/5, подать на провода напряжение 2,5 кВ (рис. 13.9).

Приближая указатель напряжения к испытываемой линии, зафиксировать расстояние, при котором срабатывает звуковая и световая сигнализации бесконтактной части указателя.

После этого коснуться крюком контактной части исследуемой линии, находящейся под напряжением, и зафиксировать появление вспышек ярко-красного цвета, что сигнализирует о наличии напряжения. Отсутствие вспышек свидетельствует об отсутствии напряжения на измеряемой линии или о том, что величина напряжения ниже порога срабатывания указателя, равного 1,5 кВ.

Таблица 13.2

Результаты измерения

Наименование прибора	Измеренные значения	Вычисленные значения
Электроизмерительные клещи Ц-90		
Электроизмерительные клещи Д-90		

Таблица 13.3

Результаты включения индикации низковольтного указателя напряжения

Напряжение, В	110	115	120	125	130	125	120	115	110
Включение индикации (+/-)									

Контрольные вопросы по теме занятия

1. На какие группы делятся электрозщитные средства?
2. Какие электрозщитные изолирующие средства относятся к основным?
3. Какие электрозщитные изолирующие средства относятся к дополнительным?
4. Поясните устройство и принцип действия электроизмерительных клещей.
5. Поясните устройство и принцип действия указателей напряжения.
6. Назовите основные виды испытаний защитных средств.

Лабораторное занятие № 14

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАКТОРОВ ТРЕБОВАНИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ

Цель занятия: провести оценку соответствия технического состояния сельскохозяйственных тракторов общим требованиям безопасности.

Приборы и оборудование: рулетка, штангенциркуль, люксметр, линейка, глубиномер, манометр, люфтомер, штанга с мерной линейкой.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с методами оценки соответствия технического состояния сельскохозяйственных тракторов требованиям безопасности.
3. Провести оценку соответствия технического состояния трактора (по выбору преподавателя) общим требованиям безопасности.
4. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Конструкция и техническое состояние тракторов должны соответствовать требованиям безопасности. Технически исправным и отвечающим требованиям безопасности считают трактор, соответствующий конструктивным требованиям заводской инструкции, правилам техники безопасности при эксплуатации, а также трактор, полностью укомплектованный отрегулированными агрегатами, механизмами, сборочными единицами, приборами, защитными ограждениями, сигнализацией и противопожарным инвентарем.

Все тракторы и самоходные сельскохозяйственные машины должны отвечать также требованиям правил дорожного движения, предъявляемым к механическим транспортным средствам.

Тракторы, самоходные шасси должны иметь государственные регистрационные знаки.

Не допускаются к эксплуатации тракторы и другая самоходная техника без знака аварийной остановки, противооткатных упоров и средств для тушения пожара.

Тракторы, самоходные машины должны быть укомплектованы медицинской аптечкой согласно постановлению Министерства здраво-

охранения Республики Беларусь от 04.12.2014 № 80 «Об установлении перечней аптек первой помощи, аптек скорой медицинской помощи, вложений, входящих в эти аптечки, и определении порядка их комплектации» и термосом.

Двигатель и другие автотракторные агрегаты, узлы не должны иметь утечки технологических жидкостей (топлива, масла, воды, антифриза, тормозной жидкости и других технических жидкостей), не должны пропускать выхлопные газы в соединениях выхлопного коллектора с двигателем и выхлопной трубой.

Боковые щитки капота двигателя должны иметь амортизирующие прокладки и исправные замки.

Крыльчатка вентилятора должна быть исправна. При выявлении деформации или трещин ее необходимо заменить. Лопасты крыльчатки вентилятора должны быть окрашены в цвет, отличный от цвета двигателя.

Блокировка запуска двигателя при включенной передаче должна быть исправной.

Тракторы должны быть оборудованы кабинами. **Кабину** считают годной к эксплуатации в следующих случаях:

- отсутствуют деформации каркаса, ненадежное крепление, трещины и раковины в сварных швах;
- передние, задние и боковые стекла кабины не имеют трещин и затемнений, ухудшающих видимость (устанавливать непрозрачные материалы вместо стекол и нестандартные стекла запрещается);
- замки дверей кабины исключают возможность их самопроизвольного открывания;
- устройство для фиксации двери в открытом положении исключает ее самопроизвольное закрывание;
- стеклоочистители обеспечивают качественную очистку стекол (не менее 75 % поверхности стекла);
- исправны устройства по нормализации микроклимата в кабине, системы контроля, сигнализации и освещения;
- пол кабины закрыт рифленным ковриком из масло- и бензостойкого материала, а в местах прохождения рычагов и педалей установлены уплотнители, предотвращающие проникновение пыли в кабину;
- сиденье колесного трактора снабжено ремнями безопасности;
- регулируемое сиденье надежно зафиксировано в установленном положении;

– в местах, предусмотренных конструкцией кабины, установлены зеркала заднего вида и солнцезащитные козырьки;

– рычаги и педали управления рабочими органами машин и орудий легко перемещаются и имеют исправные фиксирующие устройства.

Кабины должны содержаться в чистоте. Не допускается захламление посторонними предметами.

Опоры и поручни должны содержаться в исправном состоянии.

Для обеспечения требуемой чистоты воздуха в рабочей зоне водителя аккумуляторы, баки для топливосмазочных материалов, заправочные горловины, указатели уровня давления должны размещаться вне кабины.

К основным средствам обеспечения безопасной эксплуатации тракторов и самоходных машин относят тормозные системы, рулевое управление, ходовую часть, трансмиссию. При их соответствии нормативным требованиям можно предотвратить опасность, связанную с возникновением отказов этих средств в критических ситуациях.

К **тормозной системе** предъявляются следующие требования:

– тракторы, машины с неисправной и неотрегулированной тормозной системой к эксплуатации не допускаются;

– не допускается изменение конструкции тормозных систем, а также применение отдельных элементов тормозных систем, не предусмотренных для данной марки машины или не соответствующих требованиям организации-изготовителя;

– механизмы тормозной системы должны быть отрегулированы на одновременное торможение колес при сблокированных педалях, при этом педали правого и левого тормозов должны иметь одинаковую величину хода;

– компрессор системы пневматических тормозов должен обеспечивать установленное давление; не допускается падение давления на 0,05 МПа и более при работающем в течение 30 мин компрессоре и не включенных органах торможения или при включенных органах торможения, но не работающем в течение 15 мин компрессоре;

– манометр системы пневматических тормозов должен быть в исправном состоянии;

– в механическом приводе тормозов не допускается заедание рычагов и колодок, расшплинтовка соединений и наличие трещин;

– в гидравлическом приводе тормозов не допускается подтекание тормозной жидкости в тормозных цилиндрах, шлангах, трубах и соединениях;

– тормозные колодки и ленты тормозов постоянно разомкнутого типа не должны касаться барабанов, а зазор между ними должен соответствовать техническим условиям организации-изготовителя;

– рабочие и стояночные тормоза должны надежно удерживать трактор, машину или машинно-тракторные агрегаты на уклоне, регламентированном техническим описанием завода-изготовителя (стояночный тормоз должен удерживать колесный трактор в заторможенном состоянии с твердым покрытием на уклоне 18 % без прицепа, с прицепом – на уклоне 12 %);

– тормозной путь трактора S_0 при холодных тормозах и однократном нажатии на педаль рабочего тормоза должен быть не более, м:

$$S_0 \leq 0,15v_0 + v_0^2 / 116, \quad (14.1)$$

где v_0 – скорость в момент начала торможения, км/ч.

В случае нагрева тормозов до температуры, превышающей 100 °С, расчетные значения S_0 следует увеличивать на 25 %;

– при отпущенной педали тормоза колеса должны полностью растормаживаться;

– не допускается попадание масла на накладки или ленты тормозов;

– эффективность тормозов должна проверяться по величине свободного или полного хода тормозных педалей, а для энергонасыщенных тракторов – по величине хода штоков тормозных камер, которые не должны превышать величин, указанных в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации организаций-изготовителей.

К **системе рулевого управления** предъявляются следующие требования. Машины с неисправным рулевым управлением к эксплуатации не допускаются. Не допускаются также:

– свободный ход (люфт) рулевого колеса машины при работающем двигателе более 25°;

– пенообразование масла в системе усилителя, происходящее в результате недолива его в корпус усилителя;

– нарушение регулировки предохранительного клапана;

– повышенная утечка масла в насосе;

- заедание или увеличенный зазор в зацеплении «червяк–сектор»;
- повышенная вибрация рулевого колеса;
- ослабление затяжки гайки червяка, крепления сошки или поворотных рычагов;
- повышенный люфт в конических подшипниках передних колес или в шарнирах тяг рулевого управления;
- нарушение сходимости управляемых колес;
- увеличенное осевое перемещение поворотного вала;
- повышенный люфт в соединениях карданных муфт привода рулевого колеса;
- сила сопротивления повороту рулевого колеса при ручном воздействии выше 50 Н;
- наличие деталей со следами остаточной деформации, трещинами и другими дефектами, использование деталей и рабочих жидкостей, не предусмотренных для тракторов, машин данной марки или не соответствующих требованиям организации-изготовителя;
- неисправность или отсутствие предусмотренного конструкцией усилителя рулевого управления.

Соединительные пальцы рулевых тяг должны быть отшплинтованы стандартными, не бывшими в употреблении шплинтами.

В системе управления гусеничных тракторов не допускается:

- неисправность тяг и их соединений с рычагами;
- свободный ход рукояток рычагов механизма управления тормозами планетарного механизма поворота, превышающий значения, указанные в техническом описании и инструкции по эксплуатации организации-изготовителя;
- неполное торможение барабана механизмом управления тормозами планетарного механизма поворота при полном перемещении рычагов управления на себя;
- различная величина хода педалей тормоза.

Техническое состояние **ходовой части** должно удовлетворять следующим требованиям:

- тракторы, машины с неисправной ходовой частью к эксплуатации не допускаются;
- шины не должны иметь повреждений (порезов, разрывов), обнажающих корд, расслоения каркаса, отслоения протектора и боковины, полного износа рисунка протектора;
- колеса должны надежно крепиться к ступице;

– давление в шинах должно соответствовать величинам, установленным техническим описанием и инструкцией по эксплуатации организаций-изготовителей;

– пальцы гусениц необходимо шплинтовать заводскими или изготовленными по образцу шплинтами;

– отсутствие у гусеничных тракторов щитов над гусеницами, а у колесных тракторов – крыльев над колесами не допускается.

Техническое состояние **трансмиссии** должно удовлетворять следующим требованиям:

– машины с неисправностями в силовой передаче к эксплуатации не допускаются;

– муфта сцепления должна плавно включаться, передавая полный крутящий момент, и выключаться;

– пробуксовка муфты в выключенном положении не допускается;

– в гидравлическом приводе муфты сцепления не допускается подтекание жидкости из магистрали;

– свободный ход педали (рычага) выключения, усилие выключения, зазор между выжимным подшипником и отжимными рычагами должны соответствовать величинам, установленным техническим описанием и инструкцией по эксплуатации организации-изготовителя;

– передачи коробки перемены передач должны включаться легко, без скрежета и не должны самопроизвольно выключаться;

– у машин с гидравлической системой коробки перемены передач масляный насос должен обеспечивать установленное давление масла в системе, подающей его на управление гидроподжимными муфтами;

– понижение уровня масла в гидросистеме коробки перемены передач не допускается.

К **электрооборудованию** предъявляются следующие требования:

– электрооборудование должно обеспечивать нормальную работу стартера, приборов освещения, сигнализации, электрических контрольно-измерительных приборов и исключать возможность искрообразования и утечки тока в проводах и клеммах;

– электропроводка должна быть предохранена от механических повреждений. Вблизи нагретых частей двигателя и в местах, где возможно попадание масла и топлива, она должна быть защищена;

– клеммы генератора, аккумулятора, стартера и другого электрооборудования должны быть защищены колпачками, а крыльчатка генератора – кожухом;

– звуковой сигнал, сигнал поворота и торможения, габаритные огни и фары должны быть исправными;

– аккумуляторные батареи должны быть исправны и находиться в местах, предусмотренных конструкцией, надежно укреплены, закрыты крышкой, из них не должно быть утечки электролита. Вентиляционные отверстия пробок должны быть очищены.

К **механизмам навески и системе гидроуправления** предъявляются следующие требования:

– тракторы, машины с неисправностями механизма навески и системы гидроуправления к эксплуатации не допускаются;

– отверстия в прицепной серьге трактора и прицепном устройстве сельскохозяйственных машин не должны быть овальными. Штырь должен шплинтоваться, а его прочность – соответствовать тяговой нагрузке;

– автосцепка, прицепное или буксирное устройство, гидрофицированный прицепной крюк и система гидроуправления навеской должны находиться в исправном состоянии;

– поворотное устройство тракторных прицепов должно свободно поворачиваться в обе стороны;

– соединения шлангов гидросистемы должны быть надежны и не пропускать масло;

– гидравлические шланги должны располагаться и закрепляться так, чтобы во время работы они не касались подвижных деталей.

2. Методы оценки

В процессе эксплуатации техники нарушается взаимодействие деталей, сборочных единиц, ослабевают крепления, изнашиваются трущиеся поверхности, возникают иные неисправности, что приводит к созданию дополнительных опасных зон, возникновению опасных ситуаций. Всю сельскохозяйственную технику периодически контролируют в целях поддержания эксплуатационной безопасности.

Техническое состояние оценивают *путем осмотра*, проверки действия отдельных агрегатов, сборочных единиц, приборов и *методами измерения* отдельных параметров.

Оценка технической безопасности тракторов включает в себя:

– проверку комплектности: наличие аптечки, термоса, инструментов, зеркала заднего вида, стеклоочистителей, фар, ограждений, целостность стекол и др.;

- определение изменения конструктивных параметров, влияющих на безопасность управления (величина зазора рулевого колеса, тормозного пути, освещенности рабочих органов, свободного и рабочего хода тормозных педалей и др.);
- наличие и исправность ограждений всех подвижных элементов.

3. Порядок выполнения работы

При неработающем двигателе проверить:

методом осмотра:

– герметичность кабины, состояние остекления, полноту открытия и закрытия окон, наличие средства для разбивания стекол в аварийной ситуации;

– герметичность обшивки кабины, наличие термо-, шумо- и виброизолирующих покрытий кабины (резиновые коврики, обивка стен, потолка);

– надежность и плотность фиксации дверей в закрытом и полностью открытом положениях, наличие на дверях индивидуальных замков, запирающихся на ключ (замок может быть только на одной двери, если другая имеет внутренний запор);

– исправность и качество амортизации сиденья, наличие ремней безопасности (если они предусмотрены конструкцией трактора), солнцезащитных устройств, зеркала заднего вида, знака аварийной остановки, медицинской аптечки с набором медикаментов для оказания первой помощи, термоса для питьевой воды, огнетушителя, комплекта исправных инструментов;

– наличие и исправность подножек и поручней для подъема в кабину, боковых щитов капота двигателя и амортизирующих прокладок;

– состояние шин (для колесных тракторов): наличие рисунка протектора, отсутствие сквозных трещин и разрывов покрышек колес;

методом измерений:

– давление в шинах у колесных тракторов (должно соответствовать заводской инструкции в зависимости от нагрузки, вида агрегируемой машины или выполняемой работы), провисание гусениц (у гусеничных тракторов);

– свободный ход педалей управления тормозами и муфтой сцепления;

– ширину колеи и сходимость передних колес;

– глубину протектора.

При работающем двигателе проверить:

методом осмотра:

– исправность работы стеклоочистителей передних и задних стекол, омывателей передних стекол, работу плафонов внутреннего освещения кабины, исправность рабочих фар, качество освещения, исправность указателей поворота, звукового сигнала; плотность соединения выпускного коллектора с двигателем и выпускной трубой, наличие и исправность глушителя, отсутствие искр в выпускных газах;

– отсутствие подтекания топлива, масла, искрения электропроводки, соприкосновения ее с подвижными деталями;

– исправность системы по нормализации микроклимата в кабине трактора: отопителя, вентилятора, фильтра для очистки воздуха, кондиционера;

методом измерений:

– длину тормозного пути;

– люфт рулевого колеса.

Все исследованные параметры записать в таблицу.

Таблица

Оценка соответствия технического состояния трактора требованиям безопасности

Марка исследуемого трактора: _____

Исследуемая система (параметр)	Нормативные требования (значения)	Исследованный (измеренный) параметр	Метод измерения (средство измерения или прибор)
1	2	3	4
Оценка конструкции кабины			
1. Осмотр наружного внешнего вида			
2. Замки дверей кабины			
3. Устройство для фиксации дверей			
4. Стеклоочистители: – переднего стекла; – заднего стекла			
5. Фары			
6. Зеркала: – боковые; – заднего вида			

1	2	3	4
7. Дуги безопасности			
8. Аварийный выход			
9. Ступени и лестницы: – расстояние от поверхности земли до первой ступени; – расстояние между ступенями; – расстояние между опорными поверхностями следующих друг за другом ступеней; – ширина ступеней			
10. Площадка, по которой перемещается оператор вне кабины			
11. Перила			
12. Комплектность и наличие мест крепления: – аптечка; – емкость для воды; – огнетушитель; – ящик с инструментами; – противооткатные упоры; – знак аварийной остановки			
13. Герметичность кабины: – уплотнители в местах прохождения рычагов и педалей; – обшивка кабины			
14. Устройства по нормализации микроклимата, системы контроля, сигнализации и освещения			

1	2	3	4
15. Наличие: – коврика; – зеркала заднего вида; – солнцезащитного козырька; – указателей поворота; – плафонов внутреннего освещения; – звукового сигнала			
16. Доступность органов управления и их освещенность			
17. Сидение оператора: – ремень безопасности сидения; – наличие амортизаторов; – регулировка			
Оценка защитных ограждений			
18. Боковые щитки капота двигателя			
19. Карданный вал			
Оценка безопасности конструкции ходовой части			
20. Шины: – состояние; – глубина протектора: передние колеса 360/70R24; задние колеса 18,4R34; – давление: передние колеса 360/70R24; задние колеса 18,4R34; – крепление колес к ступице			

1	2	3	4
Оценка безопасности тормозной системы			
21. Свободный ход тормозных педалей			
Оценка безопасности системы рулевого управления			
22. Люфт рулевого колеса			
23. Сходимость передних колес			
24. Ширина колеи: – передние колеса; – задние колеса			
Оценка безопасности системы трансмиссии			
25. Свободный ход педали сцепления			

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Какие требования безопасности предъявляются к техническому состоянию двигателей тракторов?
2. Какие требования безопасности предъявляются к техническому состоянию кабин тракторов?
3. Какие требования безопасности предъявляются к техническому состоянию тормозной системы тракторов?
4. Какие требования безопасности предъявляются к техническому состоянию системы рулевого управления тракторов?
5. Какие требования безопасности предъявляются к техническому состоянию трансмиссии тракторов?
6. Какие требования безопасности предъявляются к техническому состоянию ходовой части?
7. Какие требования безопасности предъявляются к техническому состоянию механизмов навески и системе гидроуправления?
8. Какие требования безопасности предъявляются к техническому состоянию электрооборудования?
9. Какие методы существуют для оценки безопасности машин?
10. Что включает в себя оценка технической безопасности тракторов?

Лабораторное занятие № 15

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Цель занятия: провести оценку соответствия конструкций и технического состояния самоходных сельскохозяйственных машин требованиям безопасности.

Приборы и оборудование: рулетка, штангенциркуль, люксметр, линейка, глубиномер, манометр, люфтомер, штанга с мерной линейкой.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с общими требованиями безопасности к самоходным сельскохозяйственным машинам.
3. Провести оценку соответствия конструкции и технического состояния самоходной сельскохозяйственной машины (по выбору преподавателя) требованиям безопасности.
4. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Самоходные сельскохозяйственные машины должны конструироваться и эксплуатироваться в соответствии с требованиями безопасности, регламентированными государственными стандартами:

СТБ ISO 4254-1–2011 «Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 1. Общие требования»;

ГОСТ 12.2.019–2005 «Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности»;

ГОСТ 12.2.120–2005 «Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности»;

СТБ ISO 15077–2010 «Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Органы управления оператора. Усилия приведения в действие, перемещение, расположение и метод управления».

Общие требования безопасности к самоходным сельскохозяйственным машинам

Самоходная сельскохозяйственная машина считается технически исправной и отвечающей требованиям безопасности в том случае, если она соответствует конструктивным требованиям заводской инструкции, правилам техники безопасности при эксплуатации, а также если она полностью укомплектована отрегулированными агрегатами, механизмами, сборочными единицами, приборами, защитными ограждениями, сигнализацией и противопожарным инвентарем.

Все самоходные машины должны отвечать требованиям правил дорожного движения, предъявляемым к механическим транспортным средствам.

Не допускаются к эксплуатации самоходные машины без знака аварийной остановки, упоров противооткатных и средств для тушения пожара.

Самоходные сельскохозяйственные машины должны быть оборудованы сигнализаторами предельного допустимого крена.

Конструкции самоходных сельскохозяйственных машин должны обеспечивать безопасное проведение технического обслуживания.

Самоходные сельскохозяйственные машины должны иметь звуковой сигнал с включением из кабины. Уровень звука сигнала должен быть в пределах 93–112 дБА и проверяться на машине с заглушенным двигателем.

Конструкция машин должна исключать возможность самопроизвольного включения и выключения передач и приводов рабочих органов.

Тормозные системы машин должны обеспечивать тормозной путь, рассчитанный по формуле

$$S_0 \leq 0,18v_0 + v_0^2 / 90, \quad (15.1)$$

где v_0 – скорость в момент начала торможения, км/ч.

Люфт рулевого колеса при работающем двигателе не должен быть более 25°.

Требования безопасности к кабинам самоходных сельскохозяйственных машин

Самоходные сельскохозяйственные машины должны быть оборудованы кабинами.

Кабины должны защищать оператора от атмосферных осадков.

В кабине должны быть предусмотрены места для расположения футляра с *аптечкой первой медицинской помощи*, устройство для крепления *термоса* и для верхней одежды оператора.

В кабине должен быть предусмотрен *аварийный выход*. В дополнение к основной двери должен быть предусмотрен еще хотя бы один выход, используемый в качестве аварийного. Вторая дверь, второе ветровое стекло, панель крыши или окно, находящиеся не с той стороны, где расположена основная дверь, рассматриваются как аварийный выход при условии, что они могут быть быстро открыты или удалены из кабины. Если для этих целей требуется применение специального инструмента, то он должен находиться в кабине рядом с аварийным выходом.

Аварийные выходы должны иметь следующие минимальные размеры:

- для проемов в форме эллипса – 640 и 440 мм (размеры главных осей);
- для проемов квадратной формы – 660 мм;
- для проемов прямоугольной формы – 650×470 мм;
- для круглых проемов – 650 мм.

Отделка салона кабин должна быть выполнена из неогнеопасных материалов. *Скорость горения* материалов внутренней отделки кабины, таких как покрытие сиденья, стен, потолка, пола, не должна превышать 150 мм/мин.

Двери кабины должны иметь замки, запирающиеся на ключ, и фиксатор для удержания их в крайнем положении.

Открываемые окна кабины должны открываться изнутри и иметь устройство для фиксации их в открытом и закрытом положениях.

Кабины должны быть оборудованы стеклоочистителями передних стекол, которые должны работать независимо от режима работы двигателя и скорости движения машины.

Кабины должны быть оборудованы плафонами внутреннего освещения с автономным включением. Рекомендуемая *освещенность* на уровне пульта управления и щитка приборов от внутреннего освещения кабины – не менее 5 лк.

В кабине должны быть предусмотрены устройства для защиты лица оператора от прямых солнечных лучей.

Кабины самоходных сельскохозяйственных машин (кроме комбайнов зерноуборочных и кормоуборочных) должны иметь наружное

зеркало заднего вида только слева, обеспечивающего обзор назад. У комбайнов зерноуборочных и кормоуборочных должны быть наружные зеркала заднего вида слева и справа.

Контрольные приборы в кабине машины должны иметь подсветку, исключающую появление бликов.

Кабины должны быть герметичными, оборудованы системами вентиляции и отопления. Для самоходных машин, предназначенных для эксплуатации преимущественно в теплый период года, допускается систему отопления не устанавливать.

Концентрация пыли в кабине в зависимости от содержания SiO_2 должна быть не выше указанной в табл. 15.1.

Таблица 15.1

Предельно допустимая концентрация пыли в кабине
в зависимости от содержания SiO_2

Концентрация кристаллического SiO_2 в пыли, %	ПДК пыли, мг/м^3
До 2	10
От 2 до 10	4
От 10 до 70	2
Более 70	1

Концентрация окиси углерода в кабине при работающем двигателе не должна превышать 20 мг/м^3 .

Требования безопасности к рабочему месту оператора самоходных сельскохозяйственных машин

Конструкция и расположение рабочего места оператора должны быть такими, чтобы оператор имел достаточную обзорность для управления машиной и просмотр рабочей зоны машины.

На рабочем месте оператора не должно быть мест, способных вызвать порез или защемление в пределах досягаемости его рук или ног, когда он сидит на сиденье.

Для доступа к сиденью оператора зона пола должна иметь ширину не менее 300 мм. Устройства, такие как зеркала заднего вида, не должны входить в пространство доступа операторов в любом из своих рабочих положений, кроме устройств, предназначенных для защиты оператора от опасностей, возникающих при работе.

Самоходные машины, рассчитанные на работу в положении сидя, должны быть оборудованы сиденьем, обеспечивающим оператору достаточную опору по всех рабочих положениях и эксплуатационных режимах. Информация о регулировке сидения приводится в руководстве по эксплуатации, которое должно находиться в легкодоступном для хранения месте в самоходной машине.

Высота расположения контрольной точки сидения (SIP) над платформой должна быть не менее 500 мм и не более 650 мм (рис. 15.1).

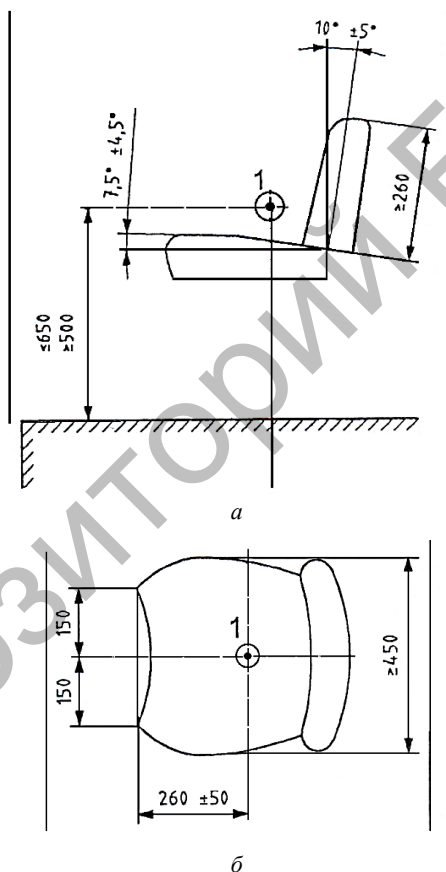


Рис. 15.1. Размеры и высота сидения:
 а – диапазон регулировок сиденья; б – координаты
 для измерения ширины сиденья; 1 – SIP

Механизм регулировки сиденья оператора должен предотвращать непреднамеренное движение сиденья и иметь упоры. Система подвески должна регулироваться в зависимости от массы оператора.

Если машина оборудована устройством защиты при опрокидывании, то сиденье должно быть оснащено удерживающей системой.

Требования безопасности к органам управления самоходных сельскохозяйственных машин

Органы управления для приведения машины в движение должны быть расположены или сконструированы таким образом, чтобы ими можно было управлять только с рабочего места оператора.

Механизм рулевого управления должен быть сконструирован так, чтобы уменьшить передаваемое рукам оператора усилие в случае любого случайного движения управляемого колеса или рычагов системы управления.

Когда механизм рулевого управления находится в рабочем положении, то расстояние между неподвижными частями машины и рулевым колесом должно соответствовать приведенному на рис. 15.2.

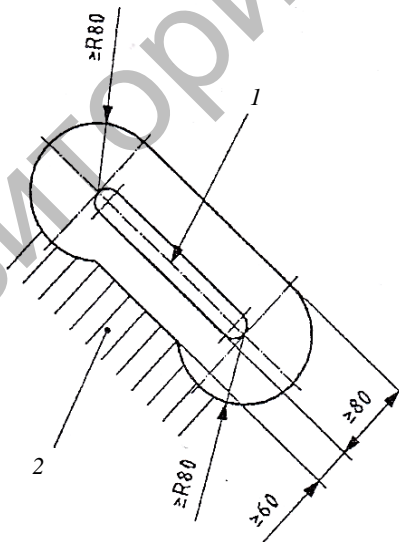


Рис. 15.2. Расстояние между рулевым колесом и неподвижными частями машин:
1 – рулевое колесо; 2 – неподвижные части машины

Рулевое колесо самоходных сельскохозяйственных машин (кроме зерноуборочных и кормоуборочных) должно располагаться относительно горизонтальной плоскости в пределах 10–30° при работе сидя и 0–30° – при работе стоя, при этом регулирование должно проводиться бесступенчато или с фиксацией не менее чем в четырех положениях, рулевое колесо этих машин должно иметь регулирование по высоте на (100 ± 20) мм бесступенчато или с фиксацией не менее чем в пяти положениях.

Опорные площадки основных педалей должны иметь длину и ширину не менее чем по 60 мм. Если в кабине не предусмотрены педали управления, то на полу кабины должны быть наклонные упоры или опорные площадки для ног под углом 25–40° к горизонтали. Размеры их должны обеспечивать устойчивое положение ног оператора.

Расстояние между кромками площадок рядом расположенных неблокируемых педалей должно быть в пределах 50–100 мм, блокируемых – 5–20 мм. Угол разворота от продольной оси машины опорных площадок педалей, приводимых в действие стопой ноги, не должен превышать 15°.

Силы сопротивления перемещению органов управления не должны превышать значений, приведенных в табл. 15.2.

Таблица 15.2

Допустимые значения сил сопротивления перемещению органов управления

Управляемый орган	Сила сопротивления, Н			
	Ножное управление		Ручное управление	
	Рекомендуемое значение	Максимальное значение	Рекомендуемое значение	Максимальное значение
1	2	3	4	5
Муфта главного сцепления	120	250	–	–
Коробка переключения передач: без разрыва потока мощности; с разрывом потока мощности	–	–	60	–
	–	–	160	–
Механизм поворота: без усилителя;	–	–	–	250

1	2	3	4	5
с усилителем:				
– на рулевом колесе;	–	–	–	30
– на рулевом колесе	–	–	–	600
с гидрообъемным				
приводом при ава-				
рийных ситуациях;				
– на рычагах	–	–	40	60
Рабочий тормоз	200	600	160	200
Стояночный тормоз	–	–	200	400
Регулятор частоты	50	90	30	80
вращения двигателя				
Распределитель				
гидросистемы:				
механический привод	–	–	60	100
(рычаги);				
электрогидравличе-				
ский привод:				
– рукоятка;	–	–	60	100
– кнопка;	–	–	15	30
– гидравлический	60	75	20	60
привод				
Вал отбора мощности	–	–	160	200
Остальные органы	–	250	–	150

Требования безопасности к пуску и останову двигателя самоходных сельскохозяйственных машин

При использовании электрического стартера должна быть исключена возможность его несанкционированного включения.

Пуск должен быть невозможен, если трансмиссия находится в положении движения.

Останов двигателя должен обеспечиваться устройством, сконструированным так, чтобы:

– для останова двигателя не требовалось непрерывного ручного воздействия на устройство;

– при установке устройства в положение «выключено» или «стоп» двигатель не мог быть запущен повторно до тех пор, пока устройство не будет установлено в исходное положение.

Требования безопасности к электрооборудованию самоходных сельскохозяйственных машин

Аккумуляторные батареи должны быть расположены так, чтобы их можно было соответствующим образом обслуживать и заменять с уровня грунта или платформы; они должны быть надежно закреплены в установленном положении и расположены или изготовлены и уплотнены так, чтобы уменьшить возможность утечки в случае опрокидывания машины. Незаземленные полюса батарей должны быть защищены от короткого замыкания и непреднамеренного контакта.

Должна быть обеспечена возможность легкого отключения электрической цепи батареи (например, стандартным инструментом или выключателем).

Требования безопасности к топливному баку самоходных сельскохозяйственных машин

Наливная горловина топливного бака должна быть расположена вне кабины на высоте не более 1500 мм над уровнем грунта или платформы.

Топливные баки должны быть устойчивы к коррозии и удовлетворять испытаниям на герметичность, проводимым изготовителем при давлении, равном двойному рабочему давлению, но не менее 30 кПа.

Конструкция крышки наливной горловины топливного бака должна обеспечивать отсутствие утечек при нормальной рабочей температуре двигателя и во всех рабочих положениях машины. Просачивание топлива через систему вентиляции топливного бака не должно рассматриваться как утечка.

Требования безопасности к устройствам буксирования самоходных сельскохозяйственных машин

Устройства для буксирования (крюки, петли, проушины и т. п.) должны быть расположены на передней и (или) задней частях машины. Если такие устройства неочевидны, то они должны быть четко обозначены на машине и описаны в руководстве по эксплуатации к машине.

Использование домкратов на самоходных сельскохозяйственных машинах

Места, предназначенные для установки домкрата, должны иметь соответствующую прочность и должны быть сконструированы таким

образом, чтобы нагруженная машина могла быть поднята над уровнем грунта (например, для замены колес). Места, предназначенные для установки домкрата, должны быть четко обозначены на машине.

Горячие поверхности

Горячие поверхности, к которым может непреднамеренно прикоснуться оператор при нормальной эксплуатации машины, должны быть закрыты кожухом или изолированы. Это требование распространяется на горячие поверхности, которые расположены рядом со ступенями, поручнями, перилами и частями машины, используемыми как средства доступа, и к которым можно случайно прикоснуться.

Отработавшие газы

Выходное отверстие выхлопной трубы системы выпуска отработавших газов должно быть расположено и направлено таким образом, чтобы оператор или обслуживающий персонал, стоящий на машине, не подвергся воздействию опасной концентрации загрязняющих веществ отработавших газов или дыма при нормальной эксплуатации.

Съемные приспособления

Съемные приспособления должны фиксироваться в транспортном положении.

Части машин, подверженные забиванию технологическим материалом и наматыванию его, должны быть снабжены устройствами, уменьшающими эту вероятность, или приспособлениями, снижающими трудоемкость их очистки.

2. Порядок выполнения работы

Оценить безопасность конструкции и технического состояния самоходной сельскохозяйственной машины (по выбору преподавателя):

– провести оценку соответствия кабины требованиям безопасности (герметичность кабины, состояние остекления, полнота открытия и закрытия окон, герметичность обшивки кабины, наличие термо-, шумо- и виброизолирующих покрытий кабины, надежность и плотность фиксации дверей в закрытом и полностью открытом положениях, наличие на дверях индивидуальных замков, запирающихся на ключ, наличие солнцезащитных устройств, зеркала заднего вида, знака аварийной остановки, медицинской аптечки

с набором медикаментов для оказания первой помощи, термоса для питьевой воды, огнетушителя, наличие и исправность подножек и поручней для подъема в кабину, боковых щитов капота двигателя и амортизирующих прокладок, комплекта исправных инструментов, соответствие аварийного выхода требованиям безопасности, наличие средств для разбивания стекол в аварийной ситуации, наличие и исправность систем вентиляции, отопления и кондиционирования и др.);

– провести оценку рабочего места оператора (доступ, регулировка и расположение сиденья, обзорность и др.);

– провести оценку органов управления (взаимное расположение сиденья и органов управления, размеры педалей, соответствие показателей силы сопротивления перемещению органов управления нормативным требованиям);

– провести общую оценку безопасности технического состояния машины (пуск и останов двигателя машины, свободный ход педалей управления тормозами и муфтой сцепления, ширина колеи и сходимость передних колес, длина тормозного пути, люфт рулевого колеса, наличие ограждений на движущихся (вращающихся) частях машины; состояние шин: наличие рисунка протектора, отсутствие сквозных трещин и разрывов покрышек колес, давление в шинах; отсутствие подтекания топлива, масла, искрения электропроводки, соприкосновения ее с подвижными деталями) и др.

Все исследованные параметры занести в табл. 15.3.

Таблица 15.3

Оценка безопасности конструкции и технического состояния
самоходной сельскохозяйственной машины

Марка самоходной сельскохозяйственной машины: _____

Исследуемая система (параметр)	Нормативные требования (значения)	Исследованный (измеренный) параметр	Метод измерения (средство измерения или прибор)
1	2	3	4
Оценка безопасности кабины			
1. Осмотр наружного внешнего вида			
2. Наличие и исправность замков дверей			
3. Наличие и исправность устройства для фиксации дверей			

Продолжение таблицы 15.3

1	2	3	4
4. Стеклоочистители переднего стекла			
5. Фары			
6. Зеркала заднего вида			
7. Аварийный выход			
8. Ступени и лестницы: – расстояние от поверхности земли до первой ступени; – расстояние между ступенями; – расстояние между опорными поверхностями следующих друг за другом ступеней; – ширина ступеней; – глубина ступеней; – ячейки ступеней			
9. Площадка, по которой перемещается оператор вне кабины			
10. Перила (поручни): – состояние; – диаметр поручня; – длина поручня; – захват перил			
11. Комплектность и наличие мест крепления: – аптечка; – емкость для воды; – огнетушитель; – ящик с инструментами; – лопата; – противооткатные упоры; – знак аварийной остановки; – ящик с песком; – противопожарное полотно			
12. Герметичность кабины: – уплотнители в местах прохождения рычагов и педалей; – уплотнители на дверях кабины; – обшивка кабины			

Продолжение таблицы 15.3

1	2	3	4
13. Устройства по нормализации микроклимата, системы контроля и сигнализации			
14. Наличие: – коврика; – зеркала (зеркал) заднего вида; – солнцезащитного козырька; – плафонов внутреннего освещения с автономным включением; – указателей поворота; – звукового сигнала			
15. Доступность органов управления и их освещенность			
16. Сидение оператора: – наличие амортизаторов; – регулировка по высоте; – высота спинки сидения; – ширина сидения; – регулировка спинки			
17. Устройство защиты при опрокидывании			
18. Регулировка рулевого колеса			
19. Требования к педалям: – длина и ширина опорных площадок; – расстояние между кромками площадок рядом расположенных педалей			
Оценка защитных ограждений			
20. Боковые щитки, ограждения			
Оценка топливного бака			
21. Расположение горловины бака			
Оценка безопасности конструкции ходовой части			
22. Шины: – состояние; – глубина протектора: управляемые колеса; ведущие колеса;			

1	2	3	4
– давление: управляемые колеса; ведущие колеса; – крепление колес к ступице			
Оценка безопасности тормозной системы			
23. Свободный ход тормозных педалей (при неработающем двигателе)			
Оценка безопасности системы рулевого управления			
24. Люфт рулевого колеса			
25. Сходимость колес			
26. Ширина колеи: – управляемые колеса; – ведущие колеса			
27. Колесная база			
Оценка дополнительных параметров			
28. Знаки безопасности			
29. Приспособления для устранения забиваний технологическим забиванием			

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Перечислите основные требования безопасности к кабинам самоходных сельскохозяйственных машин.
2. Назовите основные требования безопасности к рабочему месту оператора самоходных сельскохозяйственных машин.
3. Какие требования безопасности предъявляются к органам управления самоходных сельскохозяйственных машин?
4. Какие требования безопасности предъявляются к пуску и останову двигателя самоходных сельскохозяйственных машин?
5. Назовите требования безопасности, предъявляемые к электрооборудованию самоходных сельскохозяйственных машин.
6. Перечислите основные требования безопасности к топливным бакам самоходных сельскохозяйственных машин.

Лабораторное занятие № 16

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ КОНСТРУКЦИЙ НАВЕСНЫХ, ПОЛУНАВЕСНЫХ, ПОЛУПРИЦЕПНЫХ, ПРИЦЕПНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ТРЕБОВАНИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ

Цель занятия: провести оценку соответствия конструкций навесных, полунавесных, полуприцепных, прицепных сельскохозяйственных машин требованиям безопасности.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с общими требованиями безопасности к навесным, полунавесным, полуприцепным и прицепным сельскохозяйственным машинам и с требованиями безопасности к отдельным видам машин.
3. Провести оценку соответствия конструкции навесной, полунавесной, полуприцепной или прицепной сельскохозяйственной машины (по выбору преподавателя) требованиям безопасности.
4. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Навесные, полунавесные, полуприцепные и прицепные сельскохозяйственные машины должны конструироваться и эксплуатироваться в соответствии с требованиями безопасности, регламентированными государственными стандартами:

ГОСТ 12.2.111–85 «Машины сельскохозяйственные навесные и прицепные. Общие требования безопасности»;

ГОСТ ISO 4254-1–2013 «Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 1»;

ГОСТ ISO 4254-5–2013 «Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 5. Почвообрабатывающие машины с механическим приводом»;

ГОСТ ISO 4254-6–2013 «Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 6. Опрыскиватели и машины для внесения жидких удобрений»;

ГОСТ ISO 4254-8–2013 «Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 8. Машины для внесения твердых удобрений»;

ГОСТ ISO 4254-9–2013 «Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 9. Сеялки»;

ГОСТ ISO 4254-10–2013 «Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 10. Барабанные сеноворошилки и грабли»;

ГОСТ ISO 4254-11–2013 «Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 11. Пресс-подборщики»;

ГОСТ ISO 4254-12–2013 «Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 12. Ротационные дисковые и барабанные косилки, цепные косилки» и др.

2. Общие требования безопасности к конструкциям навесных, полунавесных, полуприцепных, прицепных сельскохозяйственных машин

Органы управления

Расположение органов управления вне рабочего места оператора должно быть установлено в технических условиях на машину.

Любой орган ручного управления, который приводится в действие оператором, стоящим на уровне грунта при работающем ВОМ, должен быть расположен на расстоянии по горизонтали не менее 550 мм от ВОМ.

Допустимые значения сил сопротивления перемещению органов управления приведены в табл. 16.1.

Таблица 16.1

Допустимые значения сил сопротивления органов управления

Органы управления	Допустимое значение, Н
Часто используемые:	
– при ручном управлении;	60
– при ножном управлении.	200
Редко используемые (не более 5 раз за смену):	
– при ручном управлении;	200
– при ножном управлении.	300
Рычаг стояночного тормоза	400

Устойчивость

Машины должны быть сконструированы таким образом, чтобы их устойчивость сохранялась при стоянке на твердой поверхности с уклоном $8,5^\circ$ в любом направлении. Это требование должно быть выполнено как с незаполненными резервуарами или бункерами, так и с резервуарами или бункерами, заполненными технологическим материалом, и в обоих случаях как с дополнительным установленным оборудованием или контейнерами, для использования с которыми машина разработана, так и без них.

Опорные устройства, отличные от колес (например, стойки, выносные опоры) должны иметь такую опорную поверхность, чтобы давление на грунт не превышало 400 кПа. Выносные опоры или подобные устройства также должны блокироваться в транспортном положении. Оператор (обслуживающий персонал) должен иметь возможность проверить визуально, что выносные опоры установлены в транспортное положение.

Если требуемая устойчивость машины при движении или в стационарном положении может быть достигнута только применением специальных мер или специальных устройств, то это должно быть указано непосредственно на машине и (или) в руководстве по эксплуатации.

СХА (сельскохозяйственный агрегат) с колесным ЭС (энергетическое средство – трактор, самоходное шасси и т. д.) должен иметь нагрузку на управляемые колеса не менее 0,2 эксплуатационной массы ЭС.

Смещение центра давления относительно середины опорной поверхности гусениц СХА на базе гусеничного ЭС не должно превышать 0,2 длины опорной поверхности гусениц.

Для обеспечения продольной устойчивости и необходимой нагрузки на управляемые колеса допускается установка балластных грузов, масса каждого из которых не должна превышать 20 кг.

Прицепные, полуприцепные и полунавесные машины, установленные в отцепленном состоянии, должны сохранять устойчивость при приложении к ним усилий не менее 200 Н.

Если для хранения навесной или полунавесной машины должно быть предусмотрено опорное устройство, оно должно быть несъемным.

Высота нижних присоединительных точек навесных машин, устанавливаемых на трехточечное навесное устройство, должна быть

совместима с высотой нижней присоединительной точки трехточечного навесного устройства.

Прицепные (полуприцепные) машины или машины со сницей, предназначенной для механического подъема буксирующим транспортным средством, должны быть оснащены стойкой, способной поддерживать сницу со сцепной петлей на высоте не менее 150 мм относительно уровня грунта.

Прицепные (полуприцепные) машины или машины со сницей и сцепной петлей, зафиксированной по высоте, должны быть оборудованы опорным устройством или домкратом с регулируемой высотой. Это опорное устройство может быть одного из следующих типов:

- нескладывающееся – в этом случае конструкция должна быть такой, чтобы непреднамеренное перемещение его из установленного положения было невозможно;

- складное – в этом случае опорное устройство должно иметь орган ручного управления, расположенный слева от машины (по ходу движения). При этом, когда опорное устройство устанавливается или движется, откидывается или складывается в транспортное или опорное положение, должно быть предусмотрено средство, предотвращающее его использование в качестве опоры или предотвращающее регулирование сницы по высоте до тех пор, пока опорное устройство не будет заблокировано в опорном положении.

Если при работе опорного устройства нельзя исключить опасности пореза или защемления, в руководстве по эксплуатации должны быть приведены меры по предотвращению этих опасностей при использовании опорного устройства.

Опорные устройства и элементы их крепления должны быть установлены на машине. Однако, если опорные устройства, установленные на машине, препятствуют ее правильному использованию, а их удаление не влияет на устойчивость машины, то эти устройства могут быть съемными без применения инструментов. В этом случае соответствующие инструкции должны быть приведены в руководстве по эксплуатации. Если опорные устройства являются съемными, на машине должны быть предусмотрены места для их хранения.

Сцепные устройства

Соответствующая информация о системе сцепки, включая техническое обслуживание проверки, должна быть включена в руководство по эксплуатации.

В руководстве по эксплуатации должны быть четко обозначены места сцепки для буксирования машины, также должна быть указана максимальная вертикальная статическая нагрузка, прилагаемая к буксирующему транспортному средству.

Навесные машины должны иметь быстросоединяющие сцепные устройства (БСУ). В технически обоснованных случаях допускается БСУ не применять.

Конструкция машин должна обеспечивать возможность их навески и подсоединения к ЭС одним оператором. Исключение оговаривается в технических условиях на машину.

Прицепные и полуприцепные машины должны иметь жесткие прицепные устройства.

Машины, предназначенные для работы на склонах, должны быть оборудованы сцепной петлей, вращающейся вокруг своей продольной оси.

Передача механической мощности от самоходных машин/тракторов агрегируемым машинам

Перекрытие ограждения ВОМ и ограждения вала приема мощности (ВПМ) должно составлять не менее 50 мм. Это минимальное перекрытие должно также применяться для защитных кожухов широкоугольных карданных валов, присоединяемых к ВОМ, и в случае применения муфт сцепления или других соединительных элементов.

Если для передачи механической мощности от ВОМ машина может оборудоваться карданным валом с защитным ограждением, то она должна быть снабжена узлом крепления удерживающей системы защитного ограждения, который будет крепиться к неподвижным частям машины.

Машина должна быть снабжена опорой вала трансмиссии, которая применяется, когда машина находится в отцепленном состоянии. Эта опора не должна являться устройством, используемым для предотвращения вращения защитного кожуха карданного вала.

Ограждение ВПМ должно быть сконструировано и установлено на машине таким образом, чтобы совместно с ограждением ВОМ оно обеспечивало ограждение вала со всех сторон до первого фиксированного корпуса подшипника машины, одновременно не препятствуя креплению и повороту карданного вала.

Приводимые от ВОМ машины, предназначенные для работы в стационарном положении, должны быть снабжены средствами для предотвращения отделения карданного вала, например присоединением машины к трехточечному навесному устройству при работе. Информация по использованию таких средств должна быть приведена в руководстве по эксплуатации.

Тормозная система

Наличие на прицепных, полуприцепных и полунавесных машинах рабочего и стояночного тормозов должно быть установлено в технических условиях на конкретные машины. Привод рабочих тормозов должен быть пневматическим по однопроводной схеме, управляемой с рабочего места оператора ЭС; привод стояночного тормоза должен располагаться на машине.

Конструкция пневматического привода тормозов должна обеспечивать затормаживание машины в случае аварийного отцепления машины от ЭС.

Стояночный тормоз должен удерживать машину на уклоне не менее 18°.

Оборудование рабочим и стояночным тормозами и страховочными цепями (тросами) машин типа тракторных прицепов или полуприцепов является обязательным.

Допускается не оборудовать тормозами машины, полная масса которых с технологическим материалом не превышает 50 % массы ЭС.

Требования к габаритам машин

Машины, ширина которых превышает габариты ЭС, должны быть оборудованы световозвращателями; задние световозвращатели должны быть красного, передние – белого цвета.

Допускается вместо световозвращателей нанесение на элементы конструкции машины кругов, треугольников или прямоугольников красного или белого цветов, вписывающихся в окружность диаметром 100 мм. Допускается также нанесение на элементы конструкции машины чередующихся красных и белых или желтых и черных полос под углом 45–60° к вертикали с расстоянием между ними 50 мм. Они могут наноситься также на сигнальные щитки размером не менее 250×250 мм.

Полосы и фигуры должны быть выполнены из светоотражательных материалов (краска, пленка и др.).

Машины, которые при агрегатировании с ЭС закрывают приборы световой сигнализации ЭС, должны оборудоваться собственными приборами световой сигнализации.

На машинах типа прицепов или полуприцепов сзади слева должен быть обозначен знак ограничения максимальной скорости; изображение знака цветное, диаметр – от 160 до 250 мм, ширина каймы – $\frac{1}{10}$ диаметра. На этих машинах должна быть также указана предельная грузоподъемность.

Места строповки

Машины должны иметь места или устройства для строповки и, при необходимости, для установки домкратов. Места для строповки должны быть обозначены краской или другими материалами, отличающимися по цвету от машины.

Защитные ограждения

Движущиеся и (или) вращающиеся части машин должны быть встроены в конструкцию или защищены ограждениями.

В технически обоснованных случаях ограждения допускается не устанавливать. Защитные ограждения частей машин, подлежащих в течение рабочей смены осмотру, должны открываться без применения инструмента.

Стенки ограждений должны быть сплошными, перфорированными или сетчатыми.

Защитные ограждения режущих и измельчающих рабочих органов, имеющих большой момент инерции, должны быть обозначены предупреждающей надписью «Внимание, опасно!».

Рабочие места оператора

Машины, имеющие рабочие места оператора и (или) обслуживающего персонала, должны быть оборудованы площадками, подножками и (или) лестницами, поручнями и (или) перилами.

Ширина рабочей площадки оператора должна быть не менее 600 мм, длина – не менее 1000 мм.

Размеры площадок для обслуживающего персонала и рабочего пространства для доступа к местам технического обслуживания должны быть установлены в технических условиях на машину.

Машины, имеющие рабочие места оператора, должны оборудоваться сиденьями.

Требования к сиденьям для обслуживающего персонала, их параметры и размеры должны быть установлены в технических условиях на машину.

Рабочее место оператора и (или) обслуживающего персонала должно быть оборудовано тентом и при необходимости иметь ограждение, защищающее от забрасывания землей и грязью.

Элементы конструкции машин не должны ограничивать оператору обзор с рабочего места объектов постоянного наблюдения.

Необходимость наличия кабины на машине, имеющей рабочее место оператора, должна быть установлена в технических условиях на машину.

Площадки, по которым перемещается оператор вне кабины и (или) обслуживающий персонал, должны быть изготовлены из стали или из материала, имеющего рифы высотой от 1 до 2,5 мм, и (или) отверстия размером от 4 до 35 мм с высотой отбортовки от 1 до 2,5 мм.

Места обслуживания машин должны находиться на высоте не более 1600 мм от опоры ног оператора (земли, подножки, площадки и других элементов конструкции).

В технически обоснованных случаях допускается увеличение этого размера.

Элементы конструкции машин не должны затруднять оператору или обслуживающему персоналу доступ к рабочим местам и местам технического обслуживания.

Машины, имеющие рабочие места оператора и (или) обслуживающего персонала, должны иметь систему звуковой и (или) световой сигнализации для связи с оператором ЭС. Уровень звука звукового сигнала должен быть на 8 дБ(А) выше уровня звука внешнего шума от работы самого агрегата.

Регулирование рабочих органов и других механизмов машины на ходу должно производиться с рабочего места оператора ЭС или оператора машины.

Прочие требования

На видные места элементов конструкции машин должны быть нанесены надписи и (или) символы или укреплены таблички с надписями и (или) символами по технике безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, а также по положению рычагов управления.

На бортах кузовов (емкостей) должна быть предупреждающая надпись «Перевозка людей запрещена!».

Гидросистемы машин должны соединяться с гидросистемами ЭС с помощью разрывных муфт.

Машины, имеющие емкости для сбора и транспортирования сыпучих и незатаренных грузов, должны обеспечивать их загрузку без ручного разравнивания.

Машины, загрузка которых производится вручную, должны иметь высоту загрузочных отверстий, емкостей и других мест (бункеров туковывсеивающих аппаратов, зернотуковых ящиков, транспортеров и т. п.) не более 1,0 м от опорной поверхности для ног (земли, площадки, подножной доски).

Места смазки должны быть обозначены указателями в виде нанесенной вокруг масленки окружности шириной не менее 3 мм или надетого на масленку кольца, отличающихся по цвету от окраски машины.

Допускается выполнять указатель в виде крута диаметром не менее 10 мм на расстоянии 20–50 мм от масленки.

Если цвет масленки отличается от окраски машины, места смазки допускается не обозначать.

Применение колпачковых масленок на вращающихся деталях не допускается.

Машины должны быть снабжены комплектом инструмента, отсутствующим в комплекте ЭС, в соответствии с нормативно-технической документацией и иметь специальный ящик или сумку для его хранения.

Машины, рабочие органы которых подвержены забиванию или налипанию на них, должны иметь приспособления и (или) устройства для их безопасной очистки.

Машины и (или) их рабочие органы должны быть оборудованы механическими фиксаторами, удерживающими их в транспортном положении.

Машины с опрокидывающимися кузовами должны быть оборудованы приспособлениями для фиксации кузова в поднятом положении (на одну из сторон или назад).

Машины, работающие с солоmistыми и другими легковоспламеняющимися материалами, должны оснащаться приспособлениями для крепления серийных средств пожаротушения: одного

огнетушителя (порошкового или углекислого типа), штыковой лопаты и швабры.

Места установки средств пожаротушения должны быть легкодоступными и обеспечивать их снятие без применения инструмента.

3. Требования безопасности к отдельным типам машин

Машины почвообрабатывающие, для посева, посадки и внесения удобрений

Рабочие органы фрез и ротационных машин, имеющие принудительный привод и в процессе работы находящиеся над почвой, должны быть ограждены.

Машины для посева, посадки и внесения удобрений должны быть оборудованы приспособлениями для контроля с места оператора ЭС за работой высевяющих аппаратов и уровнем семян и туков в бункерах и других емкостях. Допускается в технически обоснованных случаях устанавливать приспособления для контроля непосредственно на машине.

При отсутствии приспособления для контроля работы машин с места оператора на сеялках, сажалках, культиваторах и других машинах, где при выполнении технологического процесса обслуживающий персонал, находясь на машине, передвигается относительно нее, должны быть предусмотрены площадки шириной не менее 350 мм с предохранительным бортиком на передней кромке высотой не менее 70 мм.

В средней части площадка должна быть оборудована спинкой или перилами высотой 800–1200 мм и длиной не менее $\frac{1}{3}$ длины площадки, но не менее 700 мм.

Навесные сеялки и культиваторы при необходимости могут оборудоваться подножными площадками для заправки семян и минеральных удобрений.

На туковые сеялки и машины для внесения удобрений (непосредственно на элементы конструкции или на таблички) должны быть нанесены предупредительные надписи о необходимости применения обслуживающим персоналом средств индивидуальной защиты.

Емкости, предназначенные для водного аммиака, должны иметь предохранительные клапаны.

Машины для внесения минеральных удобрений должны иметь надписи, запрещающие:

– подходить к работающей машине ближе чем на 15–35 м (в зависимости от ширины захвата);

– перевозить людей в кузове машины.

Конструкция высаживающего аппарата на машинах с поточным методом действия должна обеспечивать возможность работы двумя руками (одновременно или поочередно) или предусматривать смену рабочего места для смены рук.

Рассадопосадочная машина должна иметь ограждения от колес и гусениц ЭС со стороны подножной доски.

Конструкция бункеров сеялок должна обеспечивать безопасную очистку их от технологического продукта.

Машины для защиты растений

Емкости, соединительные трубопроводы и арматура машин должны быть герметичными и исключать пропыливание и подтекание рабочей жидкости.

Конструкция машин должна обеспечивать безопасное освобождение емкостей от ядохимикатов. Для очистки элементов распылительных устройств машины должны быть оснащены необходимыми приспособлениями.

Машины должны иметь устройство для механизированного приготовления и самозаправки емкости рабочей жидкостью или приема рабочей жидкости от заправочных средств.

При наличии в машинах сосудов (оборудования), работающих с избыточным давлением, превышающим 0,7 МПа, последние должны снабжаться автоматическим предохранительным устройством.

В опрыскивателях и опыливателях включение и отключение подачи ядохимикатов к рабочим органам должно осуществляться с места оператора ЭС.

Распыливающие устройства должны располагаться на расстоянии не менее 700 мм от рабочего места оператора ЭС.

Емкости для ядохимикатов должны иметь приспособления для контроля уровня рабочей жидкости.

При наличии объемных насосов в нагнетательной коммуникации должны быть предусмотрены предохранительный клапан и манометр.

Машины должны иметь предупреждающие надписи, запрещающие работу обслуживающего персонала без средств индивидуальной защиты.

Машины должны быть снабжены правилами по хранению, транспортировке, применению ядохимикатов в сельском хозяйстве.

Машины должны быть оборудованы бачком для воды вместимостью не менее 10 л для мытья рук. По согласованию с потребителем допускается устанавливать бачок вместимостью 5 л. На бачок на видном месте должна быть нанесена надпись «Непитьевая вода».

Конструкция машин должна обеспечивать механическое закрепление штанг в транспортном положении.

Уборочные машины и погрузочно-разгрузочные средства

Жатки машин должны иметь устройства, надежно удерживающие их в поднятом положении при переездах, техническом обслуживании и ремонте, при этом допускается использование механизмов подъема, работающих от гидросистемы ЭС.

Перевод рабочих органов и (или) машины в целом и в транспортное, и рабочее положение должен производиться оператором ЭС. Допускается в технически обоснованных случаях осуществлять перевод рабочих органов и (или) машины в целом в транспортное и рабочее положение оператором с участием обслуживающего персонала.

Машины должны оборудоваться сигнализацией (звуковой и (или) световой), информирующей о заполнении бункера или других накопителей, и иметь ориентир на выгрузном устройстве для водителей транспортных средств.

На стреле погрузчиков должна быть указана предельная грузоподъемность, а у фронтальных погрузчиков – и масса противовеса.

Погрузчики должны иметь предохранительные устройства, исключающие их перегрузки в работе.

В технически обоснованных случаях предохранительные устройства допускается не устанавливать.

СтогOMETатели в транспортном положении должны иметь защитные ограждения пальцев.

4. Порядок выполнения работы

Оценить безопасность конструкции сельскохозяйственной машины (по выбору преподавателя). Все исследованные параметры занести в табл. 16.2 и при необходимости дополнить их.

Оценка безопасности конструкции сельскохозяйственной машины

Марка сельскохозяйственной машины: _____

Исследуемый параметр (система)	Требования ТНПА	Результаты оценки, выявленные несоответствия
Сцепка (навеска)		
Ограждение ВПМ (вала приема мощности)		
Тормозная система (для прицепных, полуприцепных и полунавесных машин)		
Комплектация машины средствами очистки рабочих органов, а также инструментами		
Знаки и устройства безопасности: – знак ограничения максимальной скорости; – знак ограничения предельной грузоподъемности и др.		
Световозвращатели		
Места строповки		
Рабочее место оператора		

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Какие требования предъявляются к органам ручного управления сельскохозяйственных машин?
2. Какие требования предъявляются к конструкции опорных устройств сельскохозяйственных машин?
3. Какие требования предъявляются к сцепным устройствам сельскохозяйственных машин?

4. Каким требованиям безопасности должны удовлетворять валы приема мощности сельскохозяйственных машин?

5. Перечислите основные требования безопасности к тормозным системам прицепных, полуприцепных сельскохозяйственных машин.

6. Какие требования предъявляются к защитным ограждениям сельскохозяйственных машин?

7. Перечислите основные требования безопасности к площадкам обслуживания сельскохозяйственных машин.

8. Перечислите основные требования безопасности к конструкциям машин для почвообработки, посева, посадки и внесения удобрений.

9. Назовите основные требования безопасности к конструкциям машин для защиты растений.

10. Перечислите основные требования безопасности к конструкциям уборочных машин и погрузочно-разгрузочных средств.

Лабораторное занятие № 17

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ В КАБИНАХ ТРАКТОРОВ И САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Цель занятия: изучить методику оценки параметров рабочей среды в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.

Приборы и оборудование: комбинированный прибор АТТ-1002.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с методами оценки микроклимата в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.
3. Провести оценку параметров рабочей среды в кабине трактора или самоходной сельскохозяйственной машины (по выбору преподавателя).
4. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Одним из ключевых вопросов обеспечения безопасности и комфортабельности условий труда трактористов-машинистов и операторов мобильных сельскохозяйственных машин является нормализация микроклимата кабины.

Микроклиматические условия в кабине зависят от ее герметичности, теплоизоляции, наличия системы отопления и кондиционирования воздуха. В теплый период года в кабинах, не имеющих тепловой защиты, температура воздуха может достигать 40 °С и более. При этом температура воздуха в кабинах, оборудованных только вентиляцией без применения средств тепловой защиты, может превышать наружную на 8–19 °С, а температура поверхностей – составлять 40–53 °С. Время работы в условиях теплового дискомфорта в наиболее жаркий период может достигать 6–7 ч в течение рабочего дня. Дискомфортные микроклиматические условия на рабочих местах механизаторов в общей сложности составляют на весенних полевых работах 5–12 % рабочего времени, на летних – 53–70 %, на осенних – 12–22 %. Большую часть рабочего времени

механизаторы для снижения температуры воздуха в кабинах вынуждены открывать окна и двери, а это увеличивает запыленность воздуха зоны дыхания.

Используемые на тракторах отопители позволяют поддерживать температуру воздуха в кабинах на уровне 14–20 °С. При температуре наружного воздуха до –20 °С не всегда имеется возможность плавной регулировки температуры воздуха в кабине, а также не исключаются значительные перепады температуры по высоте (до 10 °С), т. к. теплый воздух подается в верхнюю часть кабины.

Нормируемые температурно-влажностные параметры могут быть обеспечены лишь с учетом комплекса технических мероприятий, включающих в себя ее рациональную пассивную тепловую защиту и систему для тепловлажностной обработки приточного воздуха.

2. Методика оценки микроклимата

Оценку микроклимата в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин производят по параметрам температуры, влажности, скорости движения воздуха, средневзвешенной температуры внутренних поверхностей кабины, разности значений температуры воздуха у головы и ног оператора, разности между температурой воздуха в кабине и температурой наружного воздуха в теплый период года. В теплый период года для оценки нагревающего микроклимата также используется индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс).

Измерение параметров микроклимата производят при выполнении трактором, машиной технологического процесса в свободном пространстве.

Перед испытанием трактор или машина должны отработать не менее 60 мин при номинальной загрузке двигателя и включенной системе нормализации микроклимата.

Условия испытаний в *теплый период года*:

– температура наружного воздуха при оценке машин должна быть не более чем на 3 °С выше или ниже средней многолетней температуры воздуха в 13 ч местного времени в агротехнические сроки работы машины для зоны испытаний;

– температура наружного воздуха при оценке тракторов и машин должна быть не более чем на 3 °С выше или ниже расчетной температуры в теплый период года (для зоны испытаний);

- скорость ветра – не более чем на 25 % выше средней скорости ветра в период работы для данной зоны испытания;
- солнечная радиация – ясная погода;
- загрузка двигателя – (70 ± 15) % от номинальной;
- направление движения машины при выполнении технологического процесса – не регламентируется;
- направление установки машины при исследовании в свободном пространстве – против солнца;
- состояние кабины – двери и окна закрыты, средства нормализации параметров микроклимата включены на режим, обеспечивающий максимальную производительность;
- число операторов в кабине – по числу рабочих мест;
- время проведения измерений – с 12 до 16 ч местного времени.

Начало снятия показаний с приборов следует производить с момента включения систем нормализации микроклимата. Измерения производят несколько раз и прекращают, если при трех последующих измерениях с интервалом не более 10 мин температура снижается не более чем на 1 °С.

Условия испытания машин в *холодный период года*:

- температура воздуха должна быть не более чем на 3 °С выше или ниже расчетной температуры воздуха для данной климатической зоны;
- скорость ветра – наибольшая для зоны испытаний;
- солнечная радиация – облачная погода;
- состояние кабины – двери и окна закрыты;
- средства отопления включены на режим, обеспечивающий максимальную производительность;
- средства утепления установлены согласно НТД;
- время проведения измерения – любое время дня;
- начало отсчета измеряемых параметров – с момента запуска двигателя и включения системы нормализации микроклимата. Длительность измерения – 60 мин. Испытания прекращают, если при трех последующих замерах с интервалом не более 10 мин температура повышается не более чем на 1 °С, или через 60 мин.

Согласно общим требованиям безопасности к условиям труда в кабинах и на рабочих местах операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин в теплый период года при установке кондиционеров температура воздуха в кабине не должна превышать 28 °С, а относительная влажность – 60 %.

При установке других средств нормализации микроклимата температура воздуха в кабине не должна превышать 33 °С. При установке воздухоохлаждателей температура воздуха в кабине не должна превышать:

- 28 °С – при температуре наружного воздуха до 25 °С;
- 31 °С – при температуре наружного воздуха 25–30 °С;
- 33 °С – при температуре наружного воздуха свыше 30 °С.

При установке вентилятора температура воздуха в кабине не должна превышать наружную более чем на 5 °С.

В холодный период года температура воздуха в кабине должна быть не ниже 14 °С при температуре наружного воздуха (-20 ± 1) °С.

Направление и скорость движения воздуха в кабине должны быть регулируемы. Скорость движения воздуха в зоне дыхания оператора не должна превышать 1,5 м/с.

Избыточное давление в кабине должно быть не менее 50 Па, но не более 200 Па. Система нормализации микроклимата в теплый и холодный периоды года должна обеспечивать подачу в кабину не менее 43 м³/ч очищенного наружного воздуха.

3. Проведение измерений

Оценка параметров микроклимата в холодное время года

Приборы и оборудование, применяемые при определении микроклимата на рабочем месте:

- комбинированный прибор для измерений температуры и скорости движения воздуха АТТ-1002;
- манометр с точностью показаний до 10 %;
- секундомер с точностью показаний до 2 %.

Порядок работы с АТТ-1002

Конструктивно прибор выполнен в виде двух функциональных блоков: блока основного и выносного зонда, соединенных между собой кабелем связи.

Измерение скорости воздушного потока:

1. Установить переключатель «OFF/ON/HOLD» 2 (рис. 17.1) в положение «ON».
2. Установить переключатель режимов измерений 3 в положение «ANEMOMETER».



Рис. 17.1. Внешний вид прибора АТТ-1002:

- 1 – жидкокристаллический дисплей; 2 – переключатель «OFF/ON/HOLD»;
 3 – переключатель режимов измерения («ANEMOMETER/°C/°F»);
 4 – переключатель единиц измерений («m/s», «km/h», «f/min», «knots/temp»);
 5 – крышка отсека батареи питания; 6 – выносной зонд;
 7 – рукоятка выносного зонда

3. Установить переключатель 4 в положение, соответствующее требуемой единице измерения скорости воздушного потока: «m/s», «km/h», «f/min» или «knots/temp».

4. Взять рукоятку выносного зонда 7 и направить головку зонда навстречу измеряемому воздушному потоку. На дисплее отобразится измеренное значение скорости воздушного потока.

5. Для сохранения на дисплее измеренного значения необходимо установить переключатель «OFF/ON/HOLD» 2 в положение «HOLD».

Измерение температуры:

1. Установить переключатель «OFF/ON/HOLD» 2 в положение «ON».

2. Установить переключатель режимов измерений 3 в положение «°C» или «°F». Установить переключатель единиц измерений 4 в положение «knots/temp».

3. Датчик температуры установлен в центре головки выносного зонда 6. Для измерения температуры необходимо направить головку выносного зонда навстречу воздушному потоку. Измеренное значение температуры воздуха будет отображаться на дисплее.

4. Для сохранения на дисплее измеренного значения необходимо установить переключатель «OFF/ON/HOLD» 2 в положение «HOLD».

Порядок проведения измерений

Запуск двигателя принимается как начало периода исследований.

В течение первых 5 мин испытания частота вращения двигателя может соответствовать рекомендациям изготовителя для разогрева при запуске в холодную погоду.

По прошествии 5 мин органы управления регулятором частоты вращения двигателя должны быть установлены в положение, соответствующее полной подаче топлива.

Система обогрева должна быть отрегулирована на максимальную теплоотдачу. Вентилятор обогревателя может включаться в любой момент в процессе проведения исследований.

Все измерения проводить 5-кратно.

1. Измерить температуру окружающей среды.

Измерения следует проводить:

а) на расстоянии 1–1,5 м впереди трактора или машины и приблизительно на высоте 1,5 м от поверхности площадки;

б) в воздухозаборнике, ведущем к обогревателю. Температуру воздуха, выходящего из обогревателя, следует измерять у одного выходного отверстия на глубине 10 мм.

2. Измерить температуру воздуха в кабине.

Измерения следует проводить в точках 1–6 (рис. 17.2).

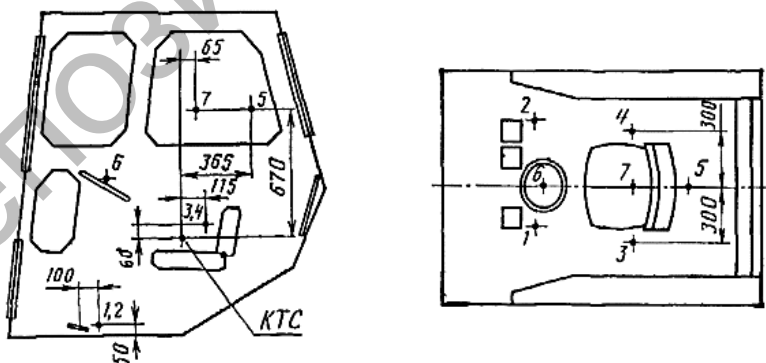


Рис. 17.2. Точки измерений

3. Измерить скорость движения воздуха в точках 5 и 7 (рис. 17.2).
4. Измерить скорость движения воздуха снаружи кабины (следует проводить измерения на расстоянии 1–1,5 м впереди трактора или машины и на расстоянии 1,5 м от поверхности площадки).

Все значения температуры следует регистрировать с интервалом не более 5 мин. В конце измеряется избыточное давление в кабине.

5. Результаты измерений занести в таблицу.

Таблица

Параметры микроклимата

Марка и модель машины (трактора): _____

Марка и модель кабины: _____

Марка и модель системы обогрева: _____

Показатели	Значение
Температура окружающего воздуха при проведении испытания, °С	
Средняя температура в кабине (среднее значение шести точек)	
Установившаяся температура внутри кабины:	
– у левой ноги водителя	___ °С через ___ мин
– у правой ноги водителя	___ °С через ___ мин
– у левого бедра водителя	___ °С через ___ мин
– у правого бедра водителя	___ °С через ___ мин
– на уровне головы водителя	___ °С через ___ мин
– на уровне руки водителя	___ °С через ___ мин
Колебания установившейся температуры внутри кабины:	
– разность температур между левой и правой ногой	
– разность температур между левой (правой) ногой и головой	
Скорости движения воздуха внутри кабины, м/с:	
– уровень глаз	
– уровень головы	
Давление в кабине (герметичность кабины), Па	

Контрольные вопросы по теме занятия

1. От чего зависят микроклиматические условия в кабинах мобильной техники?
2. Какие факторы определяют микроклиматические условия в кабинах мобильной техники и как они влияют на состояние оператора?
3. По каким параметрам проводят оценку микроклимата в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин?
4. Изложите методику оценки параметров микроклимата в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.
5. Опишите устройство прибора АТТ-1002, принцип его работы и порядок проведения измерений.

Лабораторное занятие № 18

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ШУМА В КАБИНАХ ТРАКТОРОВ И САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Цель занятия: изучить методику оценки уровня шума в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.

Приборы и оборудование: шумомер-виброметр портативный «Октава-110А».

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с методикой оценки шума в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.
3. Провести измерения шума на рабочем месте оператора колесного трактора.
4. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Уровень шума в кабинах большинства самоходных сельскохозяйственных машин и тракторов часто превышает допустимый.

Шум неблагоприятно влияет на работоспособность тракториста-машиниста. Под действием шума увеличивается скрытый период двигательной реакции, снижается зрительное восприятие, ослабевает сумеречное зрение, нарушается координация движений и функций вестибулярного аппарата, наступает преждевременное утомление.

Основные первичные источники шума на тракторах и самоходных машинах – силовая установка со вспомогательными агрегатами, система всасывания, система выхлопа, трансмиссия и подвеска, взаимодействие между движителем машины и поверхностью грунта (шум движения), потоки воздуха, обтекающие внешние контуры трактора (аэродинамический шум). Вторичным источником шума может быть сама кабина.

2. Методы снижения шума

Различают два направления основных методов снижения шума в тракторах и машинах:

- уменьшение излучаемой вибрационной и акустической энергии (активные меры);
- уменьшение количества этой энергии, проходящей от источника шума к органам слуха оператора (пассивные меры).

Активные меры снижения шума связаны с конструктивными изменениями силовых агрегатов (двигателя, трансмиссии). Разработка малозумных узлов и агрегатов – это наиболее перспективное направление снижения шума машин в целом. Однако оно связано с рядом трудностей, т. к. современная тенденция к увеличению мощности силового агрегата и вспомогательных гидравлических и пневматических систем неизбежно сопровождается повышением уровня шума этих источников. Но разработка новой конструкции, например двигателя, связана с большими затратами.

Поэтому с экономической точки зрения целесообразны меры по уменьшению шума проектируемого агрегата. Для модернизруемых машин целесообразно не перерабатывать все узлы агрегата, а лишь изменять конструкцию наиболее шумных его элементов. Так, определенный эффект по снижению шума дает увеличение размеров воздушного фильтра на входе в двигатель или установка двух обычных фильтров вместо одного. Шум, создаваемый вентилятором, можно уменьшить, установив перед радиатором рассекатели воздушного потока или специальные камеры, покрытые изнутри звукопоглощающим материалом, в котором направление потока воздуха изменяется. Особенно важно применять малозумные конструкции гидросистем, поскольку возникающий при их работе шум по шлангам, трубопроводам и контактирующим с ними деталям может передаваться практически в любые точки машины, где располагаются элементы управления работой гидросистем, и прежде всего в кабину оператора.

Кабина оператора может быть вторичным источником шума. Обычная стальная кабина, рационально спроектированная с большой площадью окон, может обеспечить снижение уровня шума на рабочем месте оператора на 30 дБ. Но, если по компоновочным или другим причинам не удалось обеспечить установочных нормативов

по уровню шума на рабочем месте, акустические характеристики кабины можно улучшить с помощью следующих мер: увеличить толщину металлического листа нижней части передней стенки кабины в зоне установки педалей (подвесных) или установить в этой зоне двойные листы меньшей толщины; усилить жесткость передних и боковых стоек, а также крепления стекол между стойками и крышей.

Основная шумопередающая поверхность в кабине – пол. Поэтому необходимо герметизировать пол, изолировать его и размещенные на нем органы управления от рамы или остова, покрыть шумопоглощающим ковриком из тяжелой и плотной резины.

Уровень шума на рабочем месте оператора существенно зависит от наклона стенок кабины, а также от способа крепления стекол и панелей. Во всех случаях следует избегать строго параллельных поверхностей, создающих в кабине эффект реверберации. Такие шумоизлучающие узлы, как клапаны гидросистемы высокого давления, необходимо устанавливать за пределами кабины и желательнее под герметичными кожухами.

К основным мероприятиям по *пассивной* шумозащите относят: ослабление шума, передающегося посредством твердых сред, звукоизоляцию, вибродемпфирование и звукопоглощение. Первые два мероприятия нацелены в основном на отражение вибрационной и акустической энергии в направлении источника. Остальные мероприятия необходимы для усиления рассеивания вибрационной и акустической энергии посредством ее превращения в тепло.

Для *ослабления шума*, передающегося через твердые среды, используют эластичные элементы, например между источником шума и конструкцией, по направлению к которой он распространяется. Передача вибрационной энергии через эластичные прокладки и опоры зависит от динамической жесткости материала, а также условий работы его в верхней и нижней частях эластичного элемента. Эффективность упругих элементов зависит от их формы, размеров, материала, направления и значения напряжений, температуры и других факторов.

Звукоизоляция необходима для ослабления передачи шума в воздушной среде. Для этого устанавливают препятствия между источником шума и участком, куда его проникновение нежелательно. Такие мероприятия особенно важны, если источник и приемник

шума находятся в разных средах. Для звукоизоляции используют защитные экраны, переборки, стенки и т. п.

Для звукоизоляции используют тонкую листовую сталь с многослойным противозвучным покрытием, т. е. с так называемым звукоизолирующим комплексом. Самый простой звукоизолирующий комплекс состоит из одного слоя гибкого материала с малым модулем упругости на сжатие и одного слоя гибкого непористого тяжелого материала, обладающего шумозащитными свойствами. Обычная стенка, покрытая слоями этих материалов, приобретает звукоизолирующие свойства двойной стенки.

Вибродемпфирование применяют для ослабления вторичных вибраций в кабине трактора посредством преобразования их энергии в тепло. Для этой цели применяют вязкоупругие материалы, имеющие в своей структуре макромолекулы, благодаря которым увеличивается коэффициент внутреннего трения. Однако эти материалы из-за их механических свойств невозможно использовать в качестве конструкционных. Указанные материалы наносят на стальную панель или другую подложку, которые и обеспечивают им необходимые механические свойства. Слой вибродемпфирующего материала можно наносить как на одну сторону материала подложки, так и между двумя стальными листами или между стальным листом и упрочняющим внешним слоем.

Звукопоглощение направлено на ослабление отражения звуковых волн от поверхности в результате рассеивания акустической энергии за счет процессов внутреннего трения. С этой целью используют пористые прокладки, устанавливаемые на металлических поверхностях, перед воздушной полостью; пористые прокладки с перфорированным защитным слоем, например перфорированный поливинил хлорид; вибропоглощающие пластины или мембранные резонаторы; объемные резонаторы. Эффективную звукопоглощающую поверхность в кбинах представляют находящиеся в них коврики, обивка, сиденье.

Приоритетное направление в акустическом благоустройстве кабин – применение формованных шумозащитных конструкций, которые обеспечивают снижение трудоемкости облицовки и уровня шума. Такие конструкции крепят на панелях кабины винтами, зажимами, защелками и т. п. Это крепление более рационально, чем на клей или липкую основу, т. к. со временем клеевой слой

может утратить скрепляющие свойства. Тогда панель станет вторичным источником шума. Применение защелок, зажимов и подобных элементов позволяет периодически очищать и ремонтировать панели.

Важные факторы снижения шума в кабине – повышение ее герметичности и виброизоляция от пола. Для повышения герметичности кабины широко применяют подвесные педали, а рычаги управления закрывают герметичными манжетами. При использовании жестких тяг рычагов управления места их соединения следует комплектовать гибкими вставками и втулками, а выход рычага в кабину закрывать герметичной манжетой. Герметичность кабин существенно зависит от качества уплотнителей дверных и оконных проемов и плотности прилегания стекол и дверей к проемам.

Установка кабины на амортизирующих резиновых подушках во многом защищает ее от проникновения шума. Наибольший эффект дает применение эластичных опор, более мягких в горизонтальной плоскости и более жестких в вертикальной. Однако в таком случае кабина оказывается подвижной, что может нарушить соединение размещенных в ней органов управления с рабочими агрегатами машины. Поэтому виброизоляторы рекомендуется размещать симметрично относительно центра тяжести кабины.

Кинематическая схема подвески выбирается таким образом, чтобы опоры располагались в узлах колебаний, а центр масс совпал с центром жесткости амортизирующего крепления кабины. В тракторах широко используют резиновые и резинометаллические опоры, в которых может быть применено активное виброгашение.

Кроме устройств с принудительным изменением характеристик упругости существует большая группа резиновых и резинометаллических опор, в которых жесткость увеличивается с ростом нагрузки (амплитуды) благодаря конструктивным особенностям. Такие опоры имеют различные по форме и расположению прорези, выемки, полости, зазоры и т. п. При небольших нагрузках жесткость опор сравнительно невелика, но при увеличении нагрузки полости выгибаются, стенки их смыкаются и жесткость опоры увеличивается.

Наряду с традиционными цилиндрическими резиновыми блоками, завулканизированными между двумя концентрическими металлическими втулками или прямоугольными блоками, привулканизированными к верхней и нижней металлическим пластинам, применяют резинометаллические элементы сложной конфигурации

с целью подбора требуемых характеристик упругости. Создание таких сложных форм представляет определенные трудности, поэтому в тракторостроении используют более простые опоры. Во многих технических решениях применяют конические, куполообразные резиновые элементы, работающие на сдвиг и сжатие и обеспечивающие гашение продольных, поперечных, а в некоторых случаях и крутильных колебаний. Достичь эффективного демпфирования можно также с помощью двух резинометаллических опор, установив их под наклоном. В таких опорах простые резиновые блоки работают на сжатие и сдвиг.

Долговечность резинометаллических опор можно повысить несколькими способами. Один из них – уменьшение действующих на опоры нагрузок. Чем выше нормативная долговечность, тем более строго назначают допустимые напряжения. Другой способ повышения долговечности – изготовление резиновых элементов упругих опор, подверженных воздействию масла, грязи и т. п., из специальных масло- и влагостойких сортов эластомеров или покрытие их неопреном и др. Эффективно и более доступно использование специальных защитных кожухов.

Определенный эффект по снижению шума дает и установка панорамных стекол.

3. Методика оценки уровня шума в кабине трактора

Условия проведения измерений

Участок для измерения шума должен представлять собой открытый участок прямоугольной формы с практически ровной центральной частью, имеющий твердую гладкую поверхность.

Поверхность участка для проведения измерений не должна вызывать излишний шум и должна быть по возможности чистой и сухой (без гравия, листьев, снега и т. п.), уклон поверхности должен быть не более 2 %.

Уровень окружающего шума, действующего на оператора вследствие ветра или других посторонних источников шума, должен быть не менее чем на 10 дБА ниже уровня шума, создаваемого трактором.

При уровнях шумовых помех, отличающихся от измеряемого уровня шума на 4–9 дБА, в результате измерений шума вносят поправку согласно табл. 18.1.

Определение поправочных значений

Превышение измеренного уровня шума над уровнем шума помехи, дБА	Поправка, вычитаемая из измеренного значения уровня шума, дБА
От 4 до 5 включительно	2
Свыше 5 до 9 включительно	1

Атмосферное давление, температура воздуха и относительная влажность должны быть в пределах, указанных в руководстве по эксплуатации измерительной аппаратуры. Не допускается проводить измерения при скорости ветра более 5 м/с, а также во время дождя, снегопада, грозы.

Во время проведения измерения шума оператор должен находиться на своем рабочем месте.

Трактор должен быть в базовой комплектации в соответствии с документацией изготовителя, с полным топливным баком, охлаждающей жидкостью, горюче-смазочными материалами, инструментом и принадлежностями.

Шины должны быть накачаны до давления, рекомендованного изготовителем трактора, двигатель, трансмиссия и ведущие мосты должны быть прогреты до нормальной рабочей температуры, а шторки радиатора при измерениях должны оставаться открытыми.

Если дополнительное оборудование, приводимое от двигателя или собственного привода, такое как стеклоочистители, вентилятор системы отопления или ВОМ, влияет на уровень звука, то при проведении измерений оно может быть отключено; составные части, которые обычно работают при работе двигателя (вентилятор охлаждения двигателя), должны работать при проведении измерений.

При измерениях не должно быть предметов или отражающих поверхностей, влияющих на измерения. Это условие считается выполненным, если отклонения в уровне звука, вызванные ими, сохраняются в пределах погрешности измерения, в противном случае измерения должны быть прекращены.

Приборы и оборудование

Измерения проводятся с помощью шумомера-виброметра портативного «Октава-110А».

Устройство прибора показано на рис. 18.1, 18.2, 18.3, а назначение клавиш – на рис. 18.4.



Рис. 18.3. Торцевая панель прибора «Октава-110А»

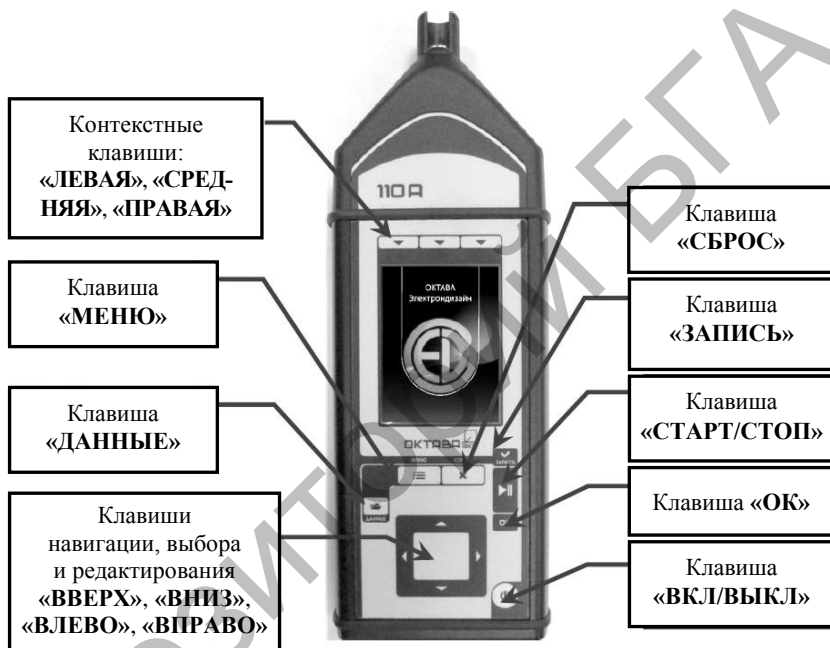


Рис. 18.4. Назначение клавиш прибора «Октава-110А»

Порядок работы прибора в режиме измерения звука

В режиме измерения звука порядок работы прибора следующий:

- подготовка прибора к работе;
- включение прибора;
- настройка прибора;
- запуск и остановка измерений, изменение диапазона измерений;
- запись в память;
- выключение прибора.

Подготовка прибора к работе для измерения звука и инфразвука

Накрутить микрофонный капсюль на предусилитель. Вставить предусилитель во входной разъем прибора «Октава-110А» (5-штырьковый разъем Switchcraft на конической части).

Все операции по подключению/отсоединению микрофона и предусилителя должны проводиться при выключенном приборе.

Включение прибора

Включение прибора осуществляется удержанием клавиши ВКЛ/ВЫКЛ в течение примерно 1 с. Чтобы выключить прибор, необходимо удерживать эту клавишу также примерно 1 с.

После включения на индикаторе на несколько секунд появляется надпись «SELF TESTING», а затем окно, представленное на рис. 18.5.



Рис. 18.5. Окно прибора после включения

В первой строке под заставкой – выбранный в данный момент язык («Русский», «English»). Клавишами $\uparrow\downarrow$ можно выбрать нужный язык.

Чуть ниже выводятся дата и время, установленные в приборе, а в последней строке – напряжение на аккумуляторной батарее.

При необходимости можно произвести перезагрузку встроенного программного обеспечения. При этом пропадают все сделанные ранее настройки (устанавливается калибровочная поправка 0,0 и напряжение поляризации 0 В (Пол. ВЫКЛ)). Для перезагрузки после появления заставки надо нажать на клавишу СБРОС и подтвердить необходимость перезагрузки клавишей ДА (отказ от перезагрузки – клавиша МЕНЮ). Далее нажать МЕНЮ и провести настройку прибора. На дисплее появится меню, приведенное на рис. 18.6:

- 1-й пункт – примечание к измерению;
 2-й пункт – установленный в данный момент диапазон измерений (его можно изменить как в этом окне, так и позднее в окне измерений);
 3-й пункт – калибровочная поправка;
 4-й пункт – выбор типа представления данных («Спектр ДА», «Спектр НЕТ», «Таблица»);
 5-й пункт – переход в режим калибровки;
 6-й пункт – включение/выключение поляризации микрофона (Пол. ВКЛ = 200 В; Пол. ВЫКЛ = 0 В);
 7-й пункт – активирование/деактивирование USB;
 8-й пункт – выбор телеметрии по цифровому каналу;
 9-й пункт – регулировка контрастности индикатора;
 10-й пункт – включить/выключить подсветку;
 11-й и 12-й пункты – дата и время.
 В последней строке этого окна выводится напряжение аккумуляторов.

Настройка	
Без прим.	
Диапазон2	
КК:	+0.0
Спектр ДА	
Калибровка	
Пол. ВЫКЛ.	
USB ВЫКЛ.	
OUT	100k
Контраст	
Подсветка	
	06/01/05
	04:00:52
	5,0V

Рис. 18.6. Окно настройки прибора после перезагрузки

Нажав на клавишу МЕНЮ, можно перейти в окно «Выбор прибора». В этом окне просматриваются все режимы измерения, установленные в приборе: «ЗВУК», «ИНФРАЗВУК» и т. д. В трех последних строках этого окна выводятся номера версий встроенного программного обеспечения.

Клавишами $\uparrow\downarrow$ выбирается нужная опция («ЗВУК», если проводятся измерения звука), а затем необходимо нажать на клавишу МЕНЮ и перейти в окно «Настройка».

После включения прибора необходимо выждать примерно 90 с, прежде чем запускать измерения или производить калибровку. В течение этого времени происходит стабилизация внутренних цепей прибора.

Клавиши $\uparrow\downarrow$ позволяют перемещаться по меню «Настройка» вверх и вниз и выделять нужную опцию. Если опция имеет переключаемые значения («Диапазон...», «Спектр ДА/Спектр НЕТ/Таблица», «Пол. ВЫКЛ» и др.), то клавиши \leftarrow и \rightarrow будут последовательно циклически перелистывать доступные значения. Выбрав нужное значение, можно перейти к следующему пункту меню (клавиши $\uparrow\downarrow$).

Строка с калибровочной поправкой приводится в этом окне только для информации.

Настройка прибора для измерений звука состоит из следующих шагов:

а) после включения прибора необходимо выбрать в меню «Выбор прибора» опцию «ЗВУК» и нажать на клавишу МЕНЮ для перехода в меню «Настройка»;

б) убедиться, что в 6-й опции установлено правильное напряжение поляризации микрофона;

в) если необходимо одновременно с корректированными уровнями звука видеть на экране спектры уровней звукового давления в октавных и 1/3-октавных полосах частот, то следует установить в 4-й опции значение «Спектр ДА», в противном случае – «Спектр НЕТ». Для того чтобы получить табличный формат представления данных, необходимо установить значение «Таблица»;

г) для создания примечания, которое сохраняется в памяти вместе с измерением, нужно выделить первую опцию меню «Настройка» и перейти в режим редактирования нажатием на клавишу ДА. Теперь в этой строке выделен только первый символ. Клавиши $\leftarrow\rightarrow$ перемещают курсор по строке, а клавиши $\uparrow\downarrow$ перебирают доступные символы в той позиции, на которой находится курсор. Таким образом можно ввести нужный текст. После ввода следует подтвердить сделанные изменения нажатием на клавишу ДА. Клавиша МЕНЮ возвращает из режима редактирования без сохранения изменений.

Для выхода из меню «Настройка» надо нажать на клавишу МЕНЮ.

Порядок проведения измерений

Шум на рабочем месте оператора колесного трактора измеряют при работе трактора под нагрузкой и без нагрузки. Тяговая нагрузка должна нагружать двигатель до 80 % его эксплуатационной мощности. Тяговую нагрузку предпочтительно создавать, используя динамометрическую тележку. Допускается измерять шум при выполнении технологической операции (пахота, культивация и другие почвообрабатывающие операции) при такой же нагрузке двигателя.

При измерении шума на рабочем месте оператора колесного трактора мембрана микрофона шумомера-вибромметра «Октава-110А» должна быть направлена вперед, а центр мембраны должен быть смещен:

- вверх от контрольной точки сиденья на 700 мм;
- вперед от контрольной точки сиденья на 10 мм;
- вправо или влево от средней продольной вертикальной плоскости сиденья на 250 мм (в сторону наибольшего уровня шума).

Направление измерительного микрофона должно обеспечивать минимальное искажение измеряемого сигнала. Следует избегать излишней вибрации микрофона.

Максимальный уровень звука в децибелах при работе трактора **без нагрузки** определяется в следующем порядке:

- 1) трактор должен двигаться по испытательному участку с одной и той же скоростью не менее 10 с;
- 2) при первоначальной серии измерений все проемы (двери, окна) в тракторе должны быть закрыты;
- 3) при второй серии измерений они должны оставаться открытыми при условии, что в открытом положении они не создают опасности для дорожного движения;
- 4) уровень шума должен измеряться при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя на передаче, дающей скорость движения приблизительно 7,5 км/ч.

Результаты измерений, описанных в п. 2 и 3, не должны превышать 86 дБА.

Максимальный уровень звука в децибелах при работе трактора **под нагрузкой** определяется в следующем порядке:

- 1) при первоначальной серии измерений все проемы (двери, окна) в тракторе должны быть закрыты;

2) при второй серии измерений они должны оставаться открытыми при условии, что в открытом положении они не создают опасности для дорожного движения;

3) шум должен быть измерен при нагрузке, соответствующей максимальному шуму на передаче, дающей скорость движения вперед около 7,5 км/ч. Педаль (рычаг) управления частотой вращения двигателя должна быть в положении максимальной подачи топлива. Прилагаемая нагрузка должна постепенно увеличиваться до получения максимального значения уровня звука. После каждого увеличения нагрузки должно быть выдержано время для стабилизации уровня шума перед измерением;

4) уровень шума должен измеряться при нагрузке, соответствующей максимальному шуму на любой передаче, кроме указанной в п. 3, при которой зарегистрированный уровень шума по крайней мере на 1 дБА выше, чем зарегистрированный на передаче, указанной в п. 3. Педаль (рычаг) управления частотой вращения двигателя должна быть в положении максимальной подачи топлива. Прилагаемая нагрузка должна постепенно увеличиваться до получения максимального значения уровня шума. После каждого увеличения нагрузки должно быть выдержано время для стабилизации уровня шума перед измерением;

5) шум должен быть измерен при максимальной расчетной скорости трактора при движении трактора без нагрузки.

Результаты измерений, описанных в п. 1–5, не должны превышать 90 дБА.

Уровень звука измеряется по характеристике А шумомера-виброметра «Октава-110А».

Измерения проводятся трехкратно. Если разность между результатами отдельных измерений уровня звука в одной точке превышает 2 дБА, то проводятся повторные трехкратные измерения, и среднее арифметическое значение всех измерений принимается за результат измерений.

В работе проводятся следующие измерения:

- измерения без тяговой нагрузки на передаче, на которой может быть получена номинальная скорость, близкая к 7,5 км/ч;
- измерения без тяговой нагрузки и на других передачах, на которых трактор производит максимальный уровень звука, превышающий

шум на передаче, на которой может быть получена номинальная скорость, близкая к 7,5 км/ч (не менее чем на 1 дБА);

– измерения с тяговой нагрузкой на передаче, на которой может быть получена номинальная скорость, близкая к 7,5 км/ч;

– измерения с тяговой нагрузкой на передаче, на которой может быть получена максимальная скорость.

Результаты каждого вида измерений заносятся в отдельную таблицу по форме табл. 18.2.

Таблица 18.2

Название проводимого измерения

Наименование и марка трактора: _____

Колесная формула: _____

Включенные ведущие оси	Номер передачи	Тяговая нагрузка, кН	Измеренная скорость движения, км/ч	Уровень звука, дБА		Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц											
				Люк и все окна закрыты	Люк и все окна открыты	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
Обе																	
Одна																	

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Назовите основные первичные источники шума на тракторах и самоходных сельскохозяйственных машинах.

2. Перечислите основные методы снижения шума в тракторах и самоходных сельскохозяйственных машинах.

3. Что можно отнести к активным мерам снижения шума?

4. Изложите методику оценки шума в кабине трактора.

5. Опишите устройство прибора «Октава-110А», принцип его работы и порядок проведения измерений.

Лабораторное занятие № 19

ОЦЕНКА ВИБРАЦИИ В КАБИНАХ ТРАКТОРОВ И САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Цель занятия: изучить методику оценки вибрации в кабинах тракторов и мобильных сельскохозяйственных машин.

Приборы и оборудование: шумомер-виброметр портативный «Октава-110А».

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с методикой оценки вибрации в кабинах тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.
3. Провести измерения вибрации на рабочем месте оператора колесного трактора.
4. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Одной из наиболее важных характеристик технического средства, обеспечивающих комфортные условия труда оператора, является низкий уровень вибрации на его рабочем месте.

Источниками вибрации в тракторах и самоходных сельскохозяйственных машинах в основном являются ходовая часть и двигатель. Вибрация через раму, коробку передач, систему креплений передается на рабочее место – пол кабины, сиденье, органы управления.

Ходовая часть создает на рабочем месте в основном общую низкочастотную вибрацию, которая является результатом взаимодействия колес или гусениц с неровностями рельефа полей и дорог. Уровень низкочастотной вибрации возрастает с увеличением скорости движения. Двигатель генерирует общую высокочастотную вибрацию.

В процессе эксплуатации, когда детали двигателя, трансмиссии, рабочих органов изнашиваются, уровни вибрации увеличиваются. Это особенно часто отмечается при плохой регулировке, некачественном ремонте сельскохозяйственной техники.

Трактористы, комбайнеры, операторы других самоходных сельскохозяйственных машин подвергаются одновременно воздейст-

вию общей низкочастотной, локальной и общей высокочастотной вибрации.

Длительные вибрационные нагрузки, даже при слабом их уровне, могут вызывать виброблезнь, поражающую нервную, сердечно-сосудистую и двигательную системы человека. Кроме того, под действием вибрации рассеивается внимание, снижаются функциональные возможности оператора, повышается его утомляемость.

При существенных вибрациях органов управления появляются ноющие боли в руках, онемение, слабость, раздражительность, бессонница, головные боли, а в тяжелых случаях – поражения костей и суставов, размягчение костных тканей.

Наиболее вредное влияние на организм человека оказывает вибрация, частота которой совпадает с частотой собственных колебаний отдельных органов, примерные значения которых следующие (Гц): вестибулярный аппарат – 0,5–1,3; желудок – 2–3; кишечник – 2–4; сердце – 4–6; почки – 6–8; глаза – 40–100 и т. д.

Вибрации существенно снижают производительность труда оператора.

Кратковременная вибрация в течение 20–30 мин с частотой 10–12 Гц увеличивает время решения элементарных задач, то есть ухудшает внимание и умственную деятельность, при этом до 30 % решений оказываются ошибочными.

При вибрационном воздействии на частотах 3–4 Гц полностью утрачивается способность слежения за движущимися объектами.

Вибрации ухудшают качество выполнения технологических операций (на основных видах сельскохозяйственных и других работ), а также снижают надежность работы узлов и агрегатов самого трактора и машинно-тракторного агрегата в целом.

2. Методика оценки вибрации в кабине тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин

Условия проведения измерений

Параметры вибрации измеряют на сиденье и органах управления.

При измерении параметров вибрации на органах управления оператор должен осуществлять управляющее воздействие.

Трактор должен быть полностью укомплектован. Сиденье должно быть отрегулировано по массе и росту оператора. Масса оператора,

проводящего исследования, должна быть (75 ± 5) кг. Давление в шинах должно соответствовать номинальному, а износ протекторов шин не должен превышать 35 % их первоначальной высоты.

Системы, агрегаты и шины перед началом исследований должны быть прогреты до рабочей температуры.

Приборы и оборудование

Измерения проводятся с помощью шумомера-виброметра портативного «Октава-110А» (рис. 19.1).



Дополнительные принадлежности



110А-IEPE	AP2037-100, AP98
	
Адаптер для подключения датчиков (IEPE, ICP)	Вибродатчик (IEPE)

Рис. 19.1. Шумомер-виброметр портативный «Октава-110А» с дополнительным оборудованием для измерения вибрации

Виброизмерительные преобразователи (датчики) устанавливаются в точках контакта тела оператора с вибрирующей поверхностью: на подушке сиденья, на рабочей площадке у ног, у места обхвата рулевого колеса или рукояток рычагов поворотов.

Измерительная ось датчиков должна быть перпендикулярна опорной поверхности контакта тела оператора с подушкой сиденья, или совпадать с направлением управляющего воздействия руки оператора, или быть перпендикулярной к плоскости, в которой действует управляющее воздействие оператора.

Масса виброизмерительного преобразователя не должна превышать 50 г при измерениях виброскорости на органах управления и 100 г – при измерениях виброускорений на рабочих местах.

Собственная частота колебаний виброизмерительного преобразователя с элементами крепления должна не менее чем в два раза превышать максимальную частоту вибрации, подлежащей измерению.

Порядок работы с прибором

В режиме измерения вибрации порядок работы прибора «Октава-110А» следующий:

- подготовка прибора к работе;
- включение прибора и выбор режима измерения;
- настройка прибора;
- запуск и остановка измерений;
- изменение диапазона измерений;
- запись в память;
- выключение прибора.

Подготовка прибора к работе в режимах измерения общей и локальной вибрации

Необходимо вставить адаптер 101А-IEPE во входной разъем прибора. Соединить вибродатчик с адаптером кабелем (AK08, AK10). Закрепить датчик на вибрирующей поверхности.

Включение прибора и выбор режима измерения

Включение прибора осуществляется удержанием клавиши ВКЛ/ВЫКЛ в течение примерно 1 с. Чтобы выключить прибор, следует удерживать эту клавишу также примерно 1 с. После включения высветится окно заставки с логотипом ОКТАВА+. В первой строке клавишами $\uparrow\downarrow$ следует выбрать язык («Русский», «English»). Чуть ниже выводятся дата и время, установленные в приборе, а в последней строке – напряжение на аккумуляторной батарее. Нажав на клавишу МЕНЮ, нужно перейти в окно «Выбор прибора». В этом окне отобразятся все режимы измерения, установленные в приборе: «ЗВУК», «Инфразвук», «Общая вибрация 1», «Локальная вибрация 1» и т. д. Клавишами $\uparrow\downarrow$ следует выбрать нужную опцию, а затем нажать на клавишу МЕНЮ и перейти в окно «Настройка».

После включения прибора необходимо выждать примерно 90 с, прежде чем запускать измерения или производить калибровку. В течение этого времени происходит стабилизация внутренних цепей прибора.

Настройка прибора

Следует войти в меню настройки виброметра, нажав на клавишу МЕНЮ. На дисплее появится меню, приведенное на рис. 19.2:

- 1-й пункт – примечание к измерению;
- 2-й пункт – выбранный диапазон измерений;

3-й пункт – фильтр частотной коррекции, который будет показан в режиме измерения, и калибровочная поправка, действующая в данный момент;

4-й пункт – выбор типа представления данных («Спектр ДА», «Спектр НЕТ», «Таблица»);

5-й пункт – переход в режим калибровки;

6-й пункт – активирование/деактивирование USB-порта;

7-й пункт – настройка порта телеметрии.

В последней строке этого окна выводится напряжение аккумуляторов.

НАСТРОЙКА	
Без прим.	
Диапазон 1	
Wd	+0.0
Спектр ДА	
Калибровка	
USB ВЫКЛ.	
OUT 100к	
Контраст	
Подсветка	
03/01/05	
05:19:17	
5.0 V	

Рис. 19.2. Окно настройки прибора

Клавиши $\uparrow\downarrow$ позволяют перемещаться по меню «Настройка» вверх и вниз и выделять нужную опцию. Если опция имеет переключаемые значения (например, «Спектр ДА/Спектр НЕТ/Таблица» и т. п.), то клавиши \leftarrow и \rightarrow будут последовательно циклически переключать доступные значения. Выбрав нужное значение, можно перейти к следующему пункту меню (клавиши $\uparrow\downarrow$).

Настройка виброметра для измерений общей вибрации состоит из следующих шагов:

1. В меню «Выбор прибора» следует выделить клавишами $\uparrow\downarrow$ опцию «Общая вибрация 1» и нажать на клавишу МЕНЮ, чтобы попасть в приведенное выше меню «Настройка».

2. Установить нужный тип частотной коррекции. Если датчик установлен так, что его ось чувствительности соответствуют направ-

лению $Z(X, Y)$ по ГОСТ 12.01.012–90, то нужно выбрать следующую комбинацию:

- для транспортной вибрации – $Z: W_k(X, Y: W_d)$;
- для транспортно-технологической вибрации – W_k .

При нахождении в режиме «Локальная вибрация 1» для того, чтобы вывести на экран скорректированный уровень, следует установить коррекцию W_h . Чтобы изменить коррекцию в меню «Настройка», нужно сначала выделить соответствующую строку меню, а затем выбрать нужный тип коррекции клавишей \Rightarrow .

3. Если необходимо одновременно с скорректированными уровнями виброускорения видеть спектр в 1/1- и 1/3-октавных полосах частот, то следует установить в 4-м пункте значение «Спектр ДА», в противном случае – «Спектр НЕТ». Для того чтобы получить табличный формат представления данных, необходимо установить значение «Таблица».

Пиковые уровни виброускорения выводятся на экран только в режиме «Спектр НЕТ».

4. Для создания примечания, которое может сохраняться в памяти вместе с измерением, необходимо выделить первую опцию меню «Настройка» (вторая строка сверху) и перейти в режим редактирования нажатием на клавишу ДА. Теперь в этой строке выделен только первый символ. Клавиши $\Leftarrow \Rightarrow$ перемещают курсор по строке, а клавиши $\Uparrow \Downarrow$ перебирают доступные символы в той позиции, на которой находится курсор. Таким образом можно ввести нужный текст.

После ввода необходимо подтвердить сделанные изменения нажатием на клавишу ДА. Клавиша НЕТ возвращает из режима редактирования без сохранения изменений. Для выхода из меню «Настройка» необходимо нажать на клавишу МЕНЮ.

Запуск и остановка измерений

После выхода из меню «Настройка» в основное состояние (клавиша МЕНЮ) на экране появляется окно, соответствующее выбранному типу представления данных. Например, если установлен режим представления «Спектр ДА», то отобразится следующее (рис. 19.3):

- в левом верхнем углу – тип спектра (1/1 октавы или 1/3 октавы);
- в правом верхнем углу – выбранный диапазон измерений (Д1, Д2, Д3);

- 2-я строка – временная характеристика;
- 3-я строка (крупно) – скорректированный уровень виброускорения для данной временной характеристики;
- 4-я строка – слева пределы графического изображения, дБ; справа тип частотной коррекции, применяемый для определения скорректированного уровня в предыдущей строке.

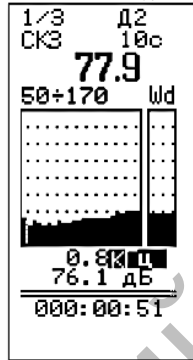


Рис. 19.3. Окно прибора в режиме представления «Спектр ДА»

Под спектром выводится значение номинальной частоты октавного или 1/3-октавного фильтра, на котором установлен частотный курсор, а ниже – уровень виброускорения для этой частоты.

Виброметр измеряет большое количество параметров вибрации. Поскольку их невозможно отобразить на экране одновременно, предусмотрена процедура последовательного перебора соответствующих величин. Клавиши $\uparrow\downarrow$ позволяют последовательно выделить те параметры в этом окне, которые можно затем «перелистать» клавишами $\leftarrow\rightarrow$. Последовательные нажатия клавиши \uparrow выделяют:

- а) частоту курсора;
- б) нижний предел графика;
- в) верхний предел графика;
- г) тип частотной коррекции;
- д) константу усреднения (1, 5, 10 с);
- е) тип данных (СКЗ, MIN, MAX, LEQ);
- ж) тип спектра (1/1 или 1/3 октавы);
- з) диапазон (Д1, Д2, Д3).

В заголовке окна видно обозначение диапазона (Д1, Д2 или Д3), которому соответствуют результаты на экране.

Каждое переключение диапазона измерений сопровождается сбросом измерений. В следующей строке показана константа усреднения (1, 5, 10 с) и тип данных (СКЗ, MIN, MAX, LEQ). Чтобы переключать эти данные на экране, необходимо выделить клавишей \Downarrow или \Uparrow соответствующее поле. Теперь клавиша \Rightarrow переключает доступные значения в выделенном поле. Величины, соответствующие этим параметрам, измеряются одновременно, поэтому их перебор на экране не влечет за собой сброс или искажение измерений. Если на экране показан 1/1-октавный спектр, а необходимо увидеть 1/3-октавный, следует выделить клавишей \Downarrow или \Uparrow параметр «1/1» в левом верхнем углу экрана и переключить его клавишей \Rightarrow в положение «1/3». Это переключение также можно производить в процессе измерений, не боясь потери данных: 1/1- и 1/3-октавные спектры измеряются одновременно независимо друг от друга. Если необходимо изменить графическое разрешение спектра (растянуть или сжать график по вертикали), нужно выделить клавишей \Downarrow или \Uparrow верхний предел и установить клавишей \Rightarrow нужное разрешение. Чтобы изменить нижний предел графической шкалы (то есть сдвинуть график вверх или вниз без изменения масштаба), надо выделить его клавишей \Downarrow или \Uparrow и установить нужное значение клавишей \Rightarrow .

Чтобы включить частотный курсор и перебрать значения уровней виброускорения на разных частотах спектра, нужно выделить клавишей \Downarrow строку, в которой выводится частота курсора (третья снизу), и использовать клавиши \Rightarrow и \Leftarrow для ее изменения.

Если в меню «Настройка» выбрана опция «Спектр НЕТ», то окно измерений имеет следующий вид (рис. 19.4):

- 1-я строка – тип частотной коррекции и название диапазона;
- 2-я строка – тип данных и время усреднения;
- 3-я строка (крупно) – уровень виброускорения на характеристике, установленной в строке 2;
- 5-я строка (крупно) – эквивалентный уровень виброускорения;
- МИН – минимальный корректированный уровень;
- МАКС – максимальный уровень виброускорения;
- РК – пиковый корректированный уровень, дБ, за время, равное длительности измерения;

РКТ – текущий корректированный пик, дБ, за время, равное константе усреднения.

Wk	Д2
СКЗ	10с
77.9	
Leq	
80.0	
МИН:	76.0
МАКС:	79.3
PK:	95.6
SEL	88.4
000:00:50	

Рис. 19.4. Окно прибора в режиме представления «Спектр НЕТ»

Последняя строка – длительность измерений.

Клавиши ↓ и ↑ позволяют последовательно выделить:

- а) частотную коррекцию;
- б) диапазон измерения (Д1, Д2, Д3);
- в) время усреднения СКЗ-уровня.

Изменение выделенного параметра осуществляется клавишей ⇒.

В процессе измерений можно нажать на клавишу МЕНЮ и посмотреть текущие настройки.

Возврат в окно измерений осуществляется повторным нажатием на клавишу МЕНЮ. Если в меню «Настройка» выбран табличный формат представления данных, то окно измерений будет выглядеть следующим образом (рис. 19.5).

1/1	Д2
СКЗ	10с
Гц	дБ
1	77.1
2	73.5
4	74.6
8	75.2
16	78.1
31.5	79.5
63	82.4
125	85.3
000:00:51	

Рис. 19.5. Окно измерений (табличный формат представления данных)

Запуск измерения производится нажатием на клавишу СТАРТ/СТОП. О том, что измерения производятся, видно по изменению длительности измерений в нижней строке. Повторное нажатие на клавишу СТАРТ/СТОП останавливает процесс измерений без сброса данных и длительности измерения. Клавиша СБРОС производит общее обнуление данных и длительности измерений. Она может быть нажата как в состоянии СТАРТ, так и в состоянии СТОП. Длительность измерений отсчитывается от момента первого нажатия на кнопку СТАРТ (то есть при обнуленном буфере данных) за вычетом того времени, когда прибор находился в состоянии СТОП (без сброса):

$$\text{СТАРТ } \underline{T_1} \text{ СТОП } \underline{T_2} \text{ СТАРТ } \underline{T_3} ; \\ D = T_1 + T_3.$$

При нажатии на клавишу СБРОС длительность измерений обнуляется вместе со всеми измеренными данными:

$$\text{СТАРТ } \underline{T_1} \text{ СБРОС } \underline{T_2} \text{ СТОП } \underline{T_3} \text{ СТАРТ } \underline{T_4} ; \\ D = T_2 + T_4.$$

Если происходит перегрузка измерительной цепи, то в верхней строке появляется надпись OV. При этом выделяется последняя строка. Эта индикация перегрузки сохраняется на индикаторе до сброса измерений. В случае возникновения перегрузки следует нажать на клавишу СБРОС. Если индикация перегрузки не исчезает, это означает, что уровень измеряемого сигнала превышает верхний предел установленного в данный момент диапазона измерений. Помимо глобальной индикации перегрузки в приборе предусмотрена индикация текущей перегрузки, относящаяся не ко всему измерению, а только к текущему моменту времени. Она обозначается стрелкой вверх, размещенной слева от текущего скорректированного уровня вибрации (рис. 19.6, а).

Если индикация текущей перегрузки появляется часто или вообще не исчезает, следует перейти в более высокий диапазон измерения (например, из Д3 в Д2 или Д1). Если измеряемый сигнал слаб (измеряемые значения находятся вблизи нижней границы диапазона измерений), то нужно использовать более чувствительный

диапазон измерения (самый чувствительный диапазон – Д4 самый «грубый» – Д1). В приборе предусмотрена индикация того, что уровень сигнала опустился ниже минимального предела измерения установленного диапазона. Эта индикация представлена в виде стрелки вниз, размещенной слева от текущего скорректированного уровня вибрации (рис. 19.6, б).

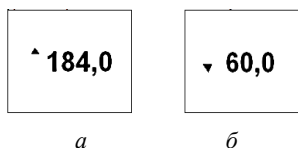


Рис. 19.6. Текущий скорректированный уровень вибрации: уровень сигнала выше (а) и ниже (б) минимального предела измерений

При измерениях низкочастотной вибрации следует обращать внимание на то, что постоянная времени низкочастотных фильтров достаточно велика. Это объективно связано с узкой шириной полосы пропускания таких фильтров. Поэтому для получения точных результатов на низких частотах требуется достаточно большое время (не менее 30–40 с для частот около 1 Гц). При измерениях эквивалентных уровней на низких частотах необходимо через 30–40 с после запуска измерений сделать сброс, чтобы отсечь процесс начальной стабилизации фильтра.

Порядок проведения измерений

При измерениях виброускорений на сидении, полу без демфирующих покрытий виброизмерительный преобразователь следует крепить непосредственно к поверхности сидений, пола и площадок.

При измерениях виброускорений на сидении, полу с демфирующими покрытиями виброизмерительный преобразователь следует устанавливать на их поверхности с помощью металлического диска диаметром 200 мм и толщиной 4 мм. При этом металлические части сиденья и площадки не должны иметь непосредственного контакта с диском.

Измерения проводятся при температуре окружающего воздуха от 0 °С до +35 °С.

Пневматические шины должны быть накачаны в соответствии с инструкциями изготовителя. Проверку давления в шинах проводят

до и после испытания. Если изменение давления составляет более $\pm 5\%$, испытание следует повторить.

Скорость движения трактора по испытательному пути должна составлять $(15 \pm 0,5)$ км/ч. Оператор должен поддерживать постоянную скорость движения машины во время прохождения всего испытательного пути.

Испытательный путь представляет собой ровную поверхность длиной 25 м постоянного уровня с предельным отклонением $\pm 2\%$, на которую уложены два жестких искусственных препятствия прямоугольного сечения шириной 150 мм (из дерева твердых пород, металла и т. п.), которые трактор переезжает во время движения. Материал, из которого изготовлено препятствие, должен обеспечивать лишь незначительный прогиб при его нагружении массой трактора. Установка препятствий должна исключать их смещение под воздействием проходящего трактора.

Высота препятствия – 10 мм для тракторов с диаметром колеса не более 800 мм, и 20 мм – с диаметром колеса более 800 мм. Общая длина испытательного участка должна позволять трактору набрать требуемую скорость перед въездом на испытательный путь и затормозить после его прохождения. Ширина испытательного участка должна превышать габариты испытуемого трактора.

Поверхность испытательного участка должна быть выполнена из твердого материала (щебеночное покрытие с битумной пропиткой, бетон и т. п.).

Параметры вибрации необходимо измерить трехкратно в течение не менее 50 с.

Результаты измерений занести в таблицу.

Таблица

Результаты измерения и оценки параметров вибрации

Место установки датчика, направление измерения	Среднеквадратическое значение виброускорения, m/s^2 , в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				
	2	4	8	16	31,5
Сиденье оператора, вертикально					
Рабочая площадка, вертикально					

Место установки датчика, направление измерения	Среднеквадратическое значение виброускорения, m/s^2 , в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				
	2	4	8	16	31,5
Рулевое колесо:					
– в плоскости управ- ляющего воздействия					
– перпендикулярно плоскости управлю- щего воздействия					

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Назовите основные источники вибрации в тракторах и самоходных сельскохозяйственных машинах.
2. Назовите основные методы снижения вибрации в тракторах и самоходных сельскохозяйственных машинах.
3. Каковы последствия воздействия вибрации на операторов мобильной техники?
4. Изложите методику оценки вибрации на рабочем месте оператора мобильной техники.

Лабораторное занятие № 20

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Цель занятия: изучить методы очистки воздуха от различных загрязняющих веществ, получить навыки работы со средствами контроля качества воздуха.

Приборы и оборудование: лабораторный стенд НТЦ 17.55.8, аспиратор насос-пробоотборник НП-3М.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с методами очистки воздуха от различных загрязняющих веществ.
3. Изучить порядок работы с лабораторным стендом.
4. Провести оценку эффективности очистки воздуха различными методами.
5. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Воздушная среда производственных помещений, в которой содержатся вредные вещества, оказывает непосредственное влияние на безопасность труда.

Пары, газы, жидкости, аэрозоли, химические соединения, смеси при контакте с организмом человека могут вызывать изменения в состоянии здоровья или заболевания. Воздействие вредных веществ на человека может сопровождаться отравлениями и травмами.

Вредное действие химических веществ определяется как свойствами самого вещества (химическая структура, физико-химические свойства, доза – количество попавшего в организм, концентрация – сочетание вредных веществ, находящихся в организме), так и особенностями организма человека (индивидуальная чувствительность к химическому веществу, общее состояние здоровья, возраст, условия труда).

В промышленности вредные вещества находятся в газообразном, жидком и твердом состояниях.

При сжигании различных видов топлива, работе двигателей транспортных средств, во время окрасочных, сварочных и термических работ, а также при других процессах выделяется большое количество вредных газообразных веществ. В большинстве случаев эти вещества являются ядовитыми, оказывающими сильное токсическое действие на организм человека.

Воздухоочистительные установки и системы в промышленности имеют особое значение. От их наличия на том или ином предприятии зависит здоровье, работоспособность, самочувствие и производительность труда человека. Очищение воздуха на производстве должно обязательно включать в себя очищение не только от микробов, пыли, но и от всевозможных промышленных загрязнителей.

Промышленная очистка представляет собой очень сложный процесс, отличающийся мощным оборудованием, сложным набором фильтров, габаритами установок.

На производстве загрязненность воздуха обычно очень высока. Воздухоочистительные устройства выбираются в зависимости от типов загрязнителей и площади помещений.

2. Основные методы очистки воздуха

В современной промышленности используют несколько видов очистки воздуха.

Абсорбционный метод

Абсорбция представляет собой процесс растворения газообразного компонента в жидком растворителе. Абсорбционные системы разделяют на водные и неводные. Во втором случае применяют обычно малолетучие органические жидкости. Жидкость используют для абсорбции только один раз или же проводят ее регенерацию, выделяя загрязнитель в чистом виде. Схемы с однократным использованием поглотителя применяют в тех случаях, когда абсорбция приводит непосредственно к получению готового продукта или полупродукта.

Схемы с многократным использованием поглотителя (циклические процессы) распространены шире. Их применяют для улавливания углеводородов, очистки от SO_2 дымовых газов, очистки вентгазов от сероводорода железно-содовым методом с получением элементарной серы, моноэтаноламиновой очистки газов от CO_2 .

В зависимости от способа создания поверхности соприкосновения фаз различают поверхностные, барботажные и распыляющие абсорбционные аппараты.

У *первой группы* аппаратов поверхностью контакта между фазами является зеркало жидкости или поверхность текучей пленки жидкости. Сюда же относят насадочные абсорбенты, в которых жидкость стекает по поверхности загруженной в них насадки из тел различной формы.

У *второй группы* абсорбентов поверхность контакта увеличивается благодаря распределению потоков газа в жидкость в виде пузырьков и струй. Барботаж осуществляют в заполненных жидкостью аппаратах путем пропускания через них газа либо в аппаратах колонного типа с тарелками различной формы.

У *третьей группы* поверхность контакта создается путем распыления жидкости в массу газа. Поверхность контакта и эффективность процесса в целом определяется дисперсностью распыленной жидкости.

Наибольшее распространение получили насадочные (поверхностные) и барботажные тарельчатые абсорберы.

Для эффективного применения водных абсорбционных сред удаляемый компонент должен хорошо растворяться в абсорбционной среде и часто химически взаимодействовать с водой, как, например, при очистке газов от HCl , HF , NH_3 , NO_2 . Для абсорбции газов с меньшей растворимостью (SO_2 , Cl_2 , H_2S) используют щелочные растворы на основе NaOH или $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Добавки химических реагентов во многих случаях увеличивают эффективность абсорбции благодаря протеканию химических реакций в пленке.

Для очистки газов от углеводородов этот метод на практике используют значительно реже, что обусловлено прежде всего высокой стоимостью абсорбентов.

Общими недостатками абсорбционных методов является образование жидких стоков и громоздкость аппаратного оформления.

Адсорбционный метод

Адсорбция представляет собой процесс поглощения вещества из газовой фазы или жидкого раствора поверхностным слоем твердого тела или жидкости.

Основными промышленными адсорбентами являются активированные угли, сложные оксиды и импрегнированные сорбенты.

Активированный уголь (АУ) нейтрален по отношению к полярным и неполярным молекулам адсорбируемых соединений. Он менее селективен, чем многие другие сорбенты, и является одним из немногих пригодных для работы во влажных газовых потоках. Активированный уголь используют, в частности, для очистки газов от дурнопахнущих веществ, для рекуперации растворителей и т. д.

Оксидные адсорбенты (ОА) обладают более высокой селективностью по отношению к полярным молекулам в силу собственного неоднородного распределения электрического потенциала. Их недостатком является снижение эффективности в присутствии влаги. К классу ОА относят силикагели, синтетические цеолиты, оксид алюминия.

Можно выделить следующие основные способы осуществления процессов адсорбционной очистки:

- после адсорбции проводят десорбцию и извлекают уловленные компоненты для повторного использования. Таким способом улавливают различные растворители, сероуглерод в производстве искусственных волокон и ряд других примесей;

- после адсорбции примеси не утилизируют, а подвергают термическому или каталитическому дожиганию. Данная разновидность адсорбционной очистки экономически оправдана при низких концентрациях загрязняющих веществ и (или) многокомпонентных загрязнителей;

- после очистки адсорбент не регенерируют, а подвергают, например, захоронению или сжиганию вместе с прочно хемосорбированным загрязнителем. Этот способ пригоден при использовании дешевых адсорбентов.

Для десорбции примесей используют нагревание адсорбента, вакуумирование, продувку инертным газом, вытеснение примесей более легко адсорбирующимся веществом, например водяным паром. В последнее время особое внимание уделяют десорбции примесей путем вакуумирования, при этом их часто удается легко утилизировать.

Для проведения процессов адсорбции разработана разнообразная аппаратура. Наиболее распространены адсорберы с неподвижным слоем гранулированного или сотового адсорбента. Непрерывность

процессов адсорбции и регенерации адсорбента обеспечивается применением аппаратов с кипящим слоем.

В последние годы все более широкое применение получают волокнистые сорбционно-активные материалы. Мало отличаясь от гранулированных адсорбентов по своим емкостным характеристикам, они значительно превосходят их по ряду других показателей. Например, их отличает более высокая химическая и термическая стойкость, однородность пористой структуры, значительный объем микропор и более высокий коэффициент массопередачи (в 10–100 раз больше, чем у сорбционных материалов). Установки, в которых используются волокнистые материалы, занимают значительно меньшую площадь. Масса адсорбента при использовании волокнистых материалов меньше, чем при использовании АУ, в 15–100 раз, а масса аппарата – в 10 раз меньше. Сопротивление слоя не превышает при этом 100 Па.

Повысить технико-экономические показатели существующих процессов удастся также путем оптимальной организации стадии десорбции, например за счет программированного подъема температуры.

Следует отметить эффективность очистки сотовой (ячеистой) структуры на активированных углях, обладающих улучшенными гидравлическими характеристиками. Такие сорбенты могут быть получены нанесением определенных композиций с порошком АУ на вспененную синтетическую смолу или вспениванием смеси заданного состава, содержащей АУ, а также выжиганием наполнителя из смеси, включающей АУ, вместе со связующим.

Еще одним направлением усовершенствования адсорбционных методов очистки является разработка новых модификаций адсорбентов – силикагелей и цеолитов, обладающих повышенной термической и механической прочностью. Однако гидрофильность этих адсорбентов затрудняет их применение.

Наибольшее распространение получили адсорбционные методы извлечения из отходящих газов растворителей, в т. ч. хлорорганических. Это связано с высокой эффективностью процесса очистки газов (95–99 %), отсутствием химических реакций образования вторичных загрязнителей, быстрой окупаемостью регенерационных установок (обычно 2–3 года) благодаря повторному использованию растворителей и длительным (до 10 лет) сроком службы АУ.

Ведутся активные работы по адсорбционному извлечению из газов оксидов серы и азота.

Адсорбционные методы являются одним из самых распространенных способов очистки газов. Их применение позволяет вернуть в производство ряд ценных соединений. При концентрациях примесей в газах более $2\text{--}5\text{ мг/м}^3$ очистка оказывается даже рентабельной. Основной недостаток адсорбционного метода заключается в большой энергоемкости стадий десорбции и последующего разделения, что значительно осложняет его применение для многокомпонентных смесей.

Термическое дожигание

Дожигание представляет собой метод обезвреживания газов путем термического окисления различных вредных веществ, главным образом органических, в практически безвредных или менее вредных, преимущественно CO_2 и H_2O . Обычные температуры дожигания для большинства соединений лежат в интервале $750\text{--}1200\text{ }^\circ\text{C}$. Применение термических методов дожигания позволяет достичь 99%-й очистки газов.

При рассмотрении возможности и целесообразности термического обезвреживания необходимо учитывать характер образующихся продуктов горения. Продукты сжигания газов, содержащих соединения серы, галогенов, фосфора, могут превосходить по токсичности исходный газовый выброс. В этом случае необходима дополнительная очистка. Термическое дожигание весьма эффективно при обезвреживании газов, содержащих токсичные вещества в виде твердых включений органического происхождения (сажа, частицы углерода, древесная пыль и т. д.).

Важнейшими факторами, определяющими целесообразность термического обезвреживания, являются затраты энергии (топлива) для обеспечения высоких температур в зоне реакции, калорийность обезвреживаемых примесей, возможность предварительного подогрева очищаемых газов. Повышение концентрации дожигаемых примесей ведет к значительному снижению расхода топлива. В отдельных случаях процесс может протекать в автоматическом термическом режиме, т. е. рабочий режим поддерживается только за счет тепла реакции глубокого окисления вредных примесей и предварительного подогрева исходной смеси отходящими обезвреженными газами.

Принципиальную трудность при использовании термического дожигания создает образование вторичных загрязнителей, таких как оксиды азота, хлор, SO_2 и др.

Термические методы широко применяются для очистки отходящих газов от токсичных горючих соединений. Разработанные в последние годы установки дожигания отличаются компактностью и низкими энергозатратами. Применение термических методов эффективно для дожигания пыли многокомпонентных и запыленных отходящих газов.

Термокаталитические методы

Каталитические методы газоочистки отличаются универсальностью. С их помощью можно освобождать газы от оксидов серы и азота, различных органических соединений, монооксида углерода и других токсичных примесей. Каталитические методы позволяют преобразовывать вредные примеси в безвредные, менее вредные и даже полезные. Они дают возможность перерабатывать многокомпонентные газы с малыми начальными концентрациями вредных примесей, добиваться высоких степеней очистки, вести процесс непрерывно, избегать образования вторичных загрязнителей. Применение каталитических методов чаще всего ограничивается трудностью поиска и изготовления пригодных для длительной эксплуатации и достаточно дешевых катализаторов.

Гетерогенно-каталитическое превращение газообразных примесей осуществляют в реакторе, загруженном твердым катализатором в виде пористых гранул, колец, шариков или блоков со структурой, близкой к сотовой. Химическое превращение происходит на развитой внутренней удельной поверхности катализаторов, достигающей $1000 \text{ м}^2/\text{г}$.

В качестве эффективных катализаторов, находящих применение на практике, служат самые различные вещества – от минералов, которые используются почти без предварительной обработки, и простых массивных металлов до сложных соединений заданного состава и строения. Обычно каталитическую активность проявляют твердые вещества с ионными или металлическими связями, обладающие сильными межатомными полями. Одно из основных требований, предъявляемых к катализатору, – устойчивость его структуры в условиях реакции. Например, металлы не должны в процессе реакции превращаться в неактивные соединения. Совре-

менные катализаторы обезвреживания характеризуются высокой активностью и селективностью, механической прочностью и устойчивостью к действию ядов и температур. Промышленные катализаторы, изготавливаемые в виде колец и блоков сотовой структуры, обладают малым гидродинамическим сопротивлением и высокой внешней удельной поверхностью.

Наибольшее распространение получили каталитические методы обезвреживания отходящих газов в неподвижном слое катализатора. Можно выделить два принципиально различных метода осуществления процесса газоочистки – в стационарном и в искусственно создаваемом нестационарном режимах.

При *стационарном методе* приемлемые для практики скорости химических реакций достигаются на большинстве дешевых промышленных катализаторов при температуре 200–600 °С. После предварительной очистки от пыли (до 20 мг/м³) и различных каталитических ядов (As, Cl₂ и др.) газы обычно имеют значительно более низкую температуру.

Подогрев газов до необходимых температур можно осуществлять за счет ввода горячих дымовых газов или с помощью электроподогревателя. После прохождения слоя катализатора очищенные газы выбрасываются в атмосферу, что требует значительных энергозатрат. Добиться снижения энергозатрат можно, если тепло отходящих газов использовать для нагревания газов, поступающих в очистку. Для нагрева служат обычно рекуперативные трубчатые теплообменники.

При определенных условиях, когда концентрация горючих примесей в отходящих газах превышает 4–5 г/м³, осуществление процесса по схеме с теплообменником позволяет обойтись без дополнительных затрат.

Такие аппараты могут эффективно работать только при постоянных концентрациях (расходах) или при использовании совершенных систем автоматического управления процессом.

Эти трудности удается преодолеть, проводя газоочистку в нестационарном режиме.

Плазмохимический метод

Плазмохимический метод основан на пропускании высоковольтного разряда через воздушную смесь с вредными примесями. Используют, как правило, озонаторы на основе барьерных, коронных или скользящих разрядов либо импульсные высокочастотные разряды

на электрофильтрах. Проходящий низкотемпературную плазму воздух с примесями подвергается бомбардировке электронами и ионами. В результате в газовой среде образуется атомарный кислород, озон, гидроксильные группы, возбужденные молекулы и атомы, которые и участвуют в плазмохимических реакциях с вредными примесями. Основные направления по применению данного метода идут по удалению SO_2 , NO_x и органических соединений. Использование аммиака, при нейтрализации SO_2 и NO_x , дает на выходе после реактора порошкообразные удобрения $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и NH_4NH_3 , которые фильтруются.

Недостатками данного метода являются:

- недостаточно полное разложение вредных веществ до воды и углекислого газа;
- наличие остаточного озона, который необходимо разлагать термически либо каталитически;
- существенная зависимость от концентрации пыли при использовании озонаторов с применением барьерного разряда.

Плазмокаталитический метод

Это довольно новый способ очистки, который использует два известных метода – *плазмохимический* и *каталитический*. Установки, работающие на основе этого метода, состоят из двух ступеней. Первая – это плазмохимический реактор (озонатор), вторая – каталитический реактор. Газообразные загрязнители, проходя зону высоковольтного разряда в газоразрядных ячейках и взаимодействуя с продуктами электросинтеза, разрушаются и переходят в безвредные соединения, вплоть до CO_2 и H_2O . Глубина конверсии (очистки) зависит от величины удельной энергии, выделяющейся в зоне реакции. После плазмохимического реактора воздух подвергается финишной тонкой очистке в каталитическом реакторе. Синтезируемый в газовом разряде плазмохимического реактора озон попадает на катализатор, где сразу распадается на активный атомарный и молекулярный кислород. Остатки загрязняющих веществ (активные радикалы, возбужденные атомы и молекулы), не уничтоженные в плазмохимическом реакторе, разрушаются на катализаторе благодаря глубокому окислению кислородом.

Преимуществом этого метода является использование каталитических реакций при температурах, более низких (40–100 °С), чем при термокаталитическом методе, что приводит к увеличению срока службы катализаторов, а также к меньшим энергозатратам (при концентрациях вредных веществ до $0,5 \text{ г/м}^3$).

Недостатками данного метода являются:

- большая зависимость от концентрации пыли, необходимость предварительной очистки до концентрации 3–5 мг/м³;
- при больших концентрациях вредных веществ (свыше 1 г/м³) стоимость оборудования и эксплуатационные расходы превышают соответствующие затраты в сравнении с термокаталитическим методом.

Фотокаталитический метод

Широко изучается и развивается фотокаталитический метод окисления органических соединений. В основном при этом используются катализаторы на основе TiO₂, которые облучаются ультрафиолетом. Известны бытовые очистители воздуха японской фирмы Daikin, использующие этот метод.

Недостатком метода является засорение катализатора продуктами реакции. Для решения этой задачи используют введение в очищаемую смесь озона, однако данная технология применима для ограниченного состава органических соединений и при небольших концентрациях.

3. Приборы и оборудование

Лабораторный стенд НТЦ-17.55.8 обеспечивает возможность демонстрации различных систем очистки воздуха от газообразных примесей и изучения методов оценки качества воздуха.

Схема стенда приведена на рис. 20.1.

На лицевой панели размещено следующее оборудование:

- устройства очистки воздуха – водяной абсорбер Ф1, силикагелевый адсорбер Ф2, угольный адсорбер Ф3;
- система трубопроводов для подачи воздуха;
- пульт управления оборудованием.

На столешнице жестко закреплены:

- циркуляционный вентилятор;
- камера-смеситель для взятия проб воздуха и впрыскивания примесей К1.

В нижней части стенда размещены элементы системы подачи воды в абсорбер:

- накопительный бак с водой;
- насос;
- ручной насос для прокачки воды из бака в подающий насос.

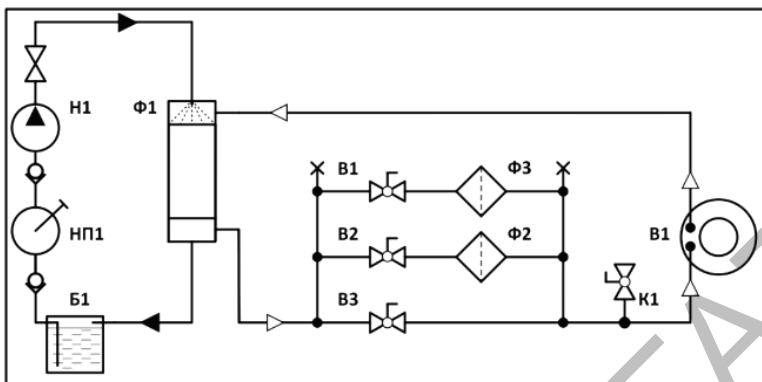


Рис. 20.1. Схема установки

Подготовка стенда к работе:

1. Ознакомиться с имеющейся документацией на оборудование.
2. Изучить правила техники безопасности.
3. Подготовить абсорбер к работе. Для этого заполнить бачок абсорбера (находится в нижней части стенда) водой. Закачать воду в насос Н1 при помощи ручного прокачивающего насоса.
4. Включить питание стенда (автоматический выключатель «Сеть»).
5. Включить насос Н1 абсорбера. Проверить систему подачи воды на утечку.
6. Открыть краны магистралей В1, В2, В3. Кран камеры смесителя К1 закрыть.
7. Включить вентилятор В1. Проверить плотность соединения воздушных магистралей.
8. Выключить насос Н1, выключить вентилятор В1.
9. Выключить питание стенда.

Правила техники безопасности:

1. К работе с установкой допускаются лица, ознакомленные с ее устройством, принципом действия и мерами безопасности.
2. Запрещается включать насос гидросистемы абсорбера, когда воздушный поток не проходит через абсорбер.
3. Перед эксплуатацией установки подключить заземляющий болт на блоке управления и заземляющие болты на вентиляторе, выделенные кавычками, к контуру заземления лаборатории.
4. Исследования необходимо проводить в хорошо проветриваемом и вентилируемом помещении.

Устройство и принцип действия аспиратора насоса-пробоотборника НП-3М

Насос-пробоотборник НП-3М представляет собой поршневой аспиратор ручного действия. Предназначен для отбора разовых проб газовоздушных смесей с целью последующего определения их химического состава с использованием индикаторных трубок (рис. 20.2).

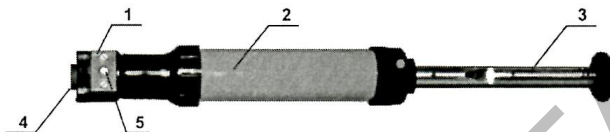


Рис. 20.2. Насос-пробоотборник НП-3М:

1 – насадка; 2 – цилиндр; 3 – шток; 4 – уплотнительная втулка;
5 – сигнальное устройство (индикатор завершения прососа)

Работа насоса-пробоотборника основана на создании разрежения в цилиндре 2 при перемещении штока 3 и заполнении цилиндра газовой средой, поступающей через индикаторную трубку, установленную в уплотнительную втулку 4 насадки 1. При приведении насоса в исходное положение воздух из цилиндра выходит через обратный клапан. Насос снабжен сигнальным устройством 5 – индикатором завершения прососа для контроля окончания просасывания пробы, представляющим собой контрольную мембрану, закрепленную под смотровым окошком. При создании разрежения в цилиндре 2 контрольная мембрана прогибается и из смотрового окошка пропадает изображение черной точки (рис. 20.3).

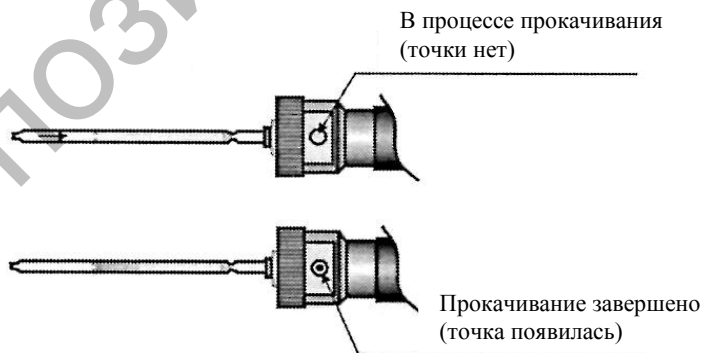


Рис. 20.3. Сигнальное устройство насоса-пробоотборника НП-3М

При уравнивании давления внутри цилиндра 2 с атмосферным давлением мембрана возвращается в исходное положение. При этом в смотровом окошке появляется изображение черной точки, свидетельствующее об окончании просасывания пробы через индикаторную трубку. Агрессивные вещества, которые могут поступать в насос из воздуха через индикаторную трубку, адсорбируются наполнителем защитного патрона, помещенного в насадку.

Индикаторные трубки к аспиратору НП-3М

Индикаторные трубки к аспиратору НП-3М предназначены для экспресс-определения содержания газовых компонентов в воздухе и применяются для контроля состава газовой среды при ведении различных работ для обеспечения безопасных условий труда. Принцип действия экспресс-метода основан на изменении окраски индикаторного слоя при прокачивании через индикаторную трубку анализируемого воздуха. Концентрация определяемого компонента устанавливается по длине прореагировавшего слоя или по интенсивности окраски.

Индикаторные трубки (рис. 20.4) представляют собой герметично запаянные стеклянные трубки, внутри которых находятся индикаторные массы – хемосорбент, изменяющий окраску при прохождении через него определяемого вещества.



Рис. 20.4. Индикаторные трубки к аспиратору

Характеристики отдельных типов индикаторных трубок приведены в прилож. 1.

Последовательность действий при применении индикаторных трубок совместно с насосом-пробоотборником НП-3М

Извлечь из футляра индикаторную трубку (при измерении концентрации ацетона – и фильтрующую трубку) и вскрыть запаянные концы с помощью приспособления на насадке насоса-пробоотборника НП-3М (рис. 20.5).

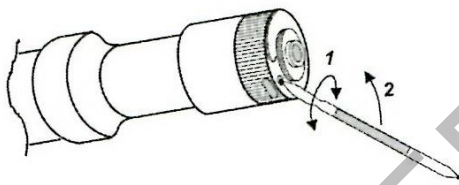


Рис. 20.5. Вскрытие индикаторных трубок при помощи насадки насоса-пробоотборника НП-3М:
1 – отверстие для вскрытия запаянных концов индикаторных трубок; 2 – индикаторная трубка

Вскрытую индикаторную трубку вставить свободным концом в уплотнительную втулку насоса, соблюдая направление просасывания воздуха (указано стрелкой на поверхности индикаторной трубки). При измерении концентрации ацетона использовать фильтрующую трубку, которую после вскрытия необходимо соединить с индикаторной трубкой отрезком резинового шланга (рис. 20.6).

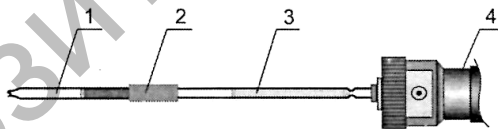


Рис. 20.6. Схема соединения индикаторных трубок с насосом-пробоотборником НП-3М:

- 1 – фильтрующая трубка (при определении концентрации ацетона);
- 2 – отрезок шланга; 3 – индикаторная трубка; 4 – насадка насоса

Для того чтобы прокачать через индикаторную трубку необходимый объем анализируемого воздуха, нужно выполнить следующие операции (рис. 20.7):

– привести насос в исходное положение – шток введен в цилиндр до упора, метки на крышке и штоке совмещены;

– привести насос в рабочее состояние вытягиванием штока из исходного положения до фиксации на позиции 100. При этом через ИТ прокачивается 100 см^3 воздуха;

– при прокачивании пробы объемом больше 100 см^3 повторить предыдущие операции необходимое число раз n ($n = V / 100$), не извлекая ИТ из насоса.

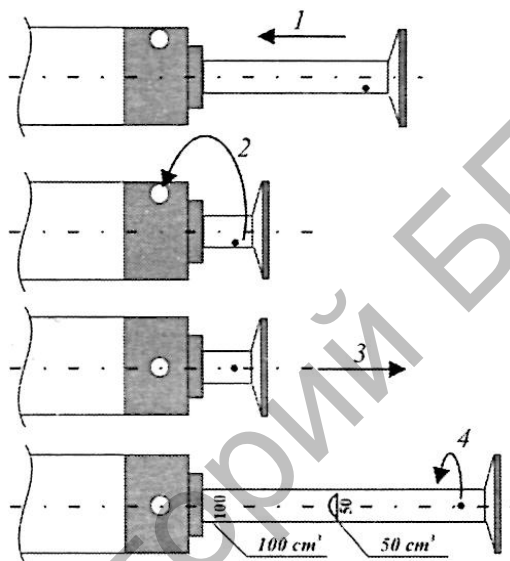


Рис. 20.7. Последовательность операций при прокачивании анализируемого воздуха насосом-пробоотборником НП-3М:

- 1 – ввести шток в цилиндр до упора; 2 – совместить метки на крышке и штоке; 3 – вытянуть шток до фиксации на позиции 100 или 50; 4 – развернуть метки на крышке и штоке на 90°

Момент окончания прокачивания определяют по появлению в окошке индикатора сигнального устройства изображения точки.

Аккуратно отсоединить ИТ от насоса и считать результаты измерений со шкалы, нанесенной на поверхность индикаторной трубки.

Краткая характеристика используемых загрязняющих веществ

В качестве загрязнителей воздуха при проведении исследований используются вещества, указанные в табл. 20.1. Также в ней приведены значения предельно допустимых концентраций указанных веществ в атмосферном воздухе.

Предельно допустимые концентрации веществ

Загрязняющее вещество	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³		Класс опасности
	максимальная разовая	среднесуточная	
Аммиак	0,2	0,04	4
Ацетон	0,35	0,35	4
Бензин	5	1,5	4
Кислота уксусная	0,2	6,06	3

4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с имеющейся документацией на оборудование, установленное на стенде.

2. Изучить правила техники безопасности.

3. Приготовить вещества – загрязнители атмосферного воздуха (табл. 20.2). Для этого влить в склянки (колбы) вещества и закрыть пробками.

4. Включить питание стенда.

5. Из склянки с надписью «Аммиак» отобрать необходимое количество загрязненного воздуха и внести в камеру-смеситель. Для этого приоткрыть горлышко склянки и втянуть в шприц загрязненный воздух из склянки. Закрыть верхнее горлышко. Подсоединить шприц к крану камеры-смесителя (при помощи шланга), открыть кран и вытолкнуть загрязненный воздух из шприца в камеру-смеситель. Закрыть кран камеры.

6. Открыть кран В3, краны В1, В2 закрыть.

7. С помощью тумблера на блоке управления включить вентилятор и дать возможность загрязненному воздуху перемещаться с воздухом пневмосистемы в течение 1 мин. Время засечь с помощью секундомера.

8. Выключить вентилятор.

9. Используя аспиратор НП-3М и соответствующую индикаторную трубку, произвести замер концентрации загрязняющего вещества. Для этого присоединить подготовленный аспиратор к крану камеры смесителя, открыть кран камеры смесителя, с помощью аспиратора НП-3М прокачать 500 мл (см. примеч.) загряз-

ненного воздуха через индикаторную трубку и закрыть кран камеры. С помощью шкалы на упаковочной коробке индикаторных трубок определить концентрацию вещества-загрязнителя в воздухе пневмосистемы.

Примечание. Объем прокачиваемого через индикаторную трубку воздуха определяется исходя из предполагаемой концентрации вещества-загрязнителя в пневмосистеме и характеристик индикаторной трубки.

Данные занести в табл. 20.2.

Таблица 20.2

Концентрация загрязняющих веществ в воздухе до его очистки (К) и после (K_0), г/м³

Загрязняющее вещество	Объем загрязненного воздуха, вносимого в камеру-смеситель, мл	Объем воздуха, прокачанного через индикаторную трубку, мл	Методы очистки воздуха					
			Адсорбционный				Адсорбционный (вода)	
			Активированный уголь		Силикагель			
К	K_0	К	K_0	К	K_0	К	K_0	
Аммиак								
Ацетон								
Бензин								
Кислота уксусная								

10. Открыть кран В1, закрыть краны В2, В3, воздух будет проходить через адсорбер с активированным углем.

11. Повторить п. 7–9.

12. Выключить насос гидросистемы абсорбера.

13. Повторить п. 7–9.

14. Очистить пневмосистему стенда. Для этого включить вентилятор, открыть кран В3, закрыть краны В1, В2, извлечь заглушки на концах воздухопроводов. Спустя 1–2 мин выключить вентилятор, установить заглушки на место.

15. Для оценки эффективности очистки воздуха от бензина, ацетона или уксусной кислоты с помощью адсорберов и абсорбера повторить п. 5–14.

16. Выключить питание стенда.

17. После завершения работы выключить стенд и проверить, закрыты ли пробками все склянки, краны на склянках и краны камеры-смесителя.

18. Оценить эффективность методов очистки воздуха (табл. 20.3, рис. 20.8).

Таблица 20.3

Эффективность методов очистки воздуха, %

Загрязняющее вещество	Метод очистки воздуха		
	Адсорбционный		Абсорбционный (вода)
	Активированный уголь	Силикагель	
Аммиак			
Ацетон			
Бензин			
Кислота уксусная			

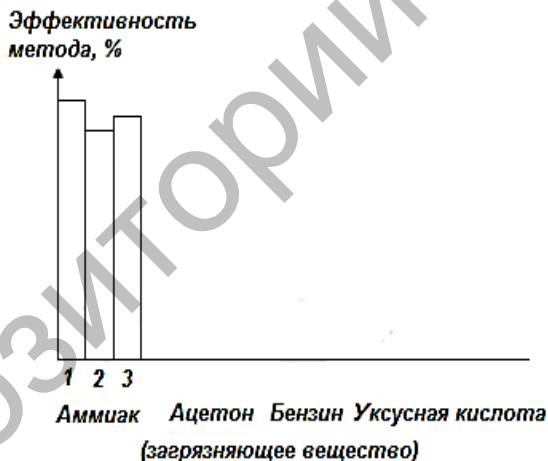


Рис. 20.8. Гистограмма сравнительного анализа эффективности методов очистки воздуха:

- 1 – адсорбционный метод (адсорбент – активированный уголь);
- 2 – адсорбционный метод (адсорбент – силикагель);
- 3 – абсорбционный метод (абсорбент – вода)

19. По результатам исследований сопоставить полученные данные и сделать вывод.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Каковы последствия воздействия вредных веществ на организм человека?
2. Перечислите основные методы очистки воздуха.
3. В чем суть абсорбционного метода очистки воздуха? Как классифицируются абсорбционные очистные аппараты?
4. Перечислите основные способы осуществления процессов адсорбционной очистки воздуха.
5. Назовите область применения и суть метода термического дожигания.
6. Назовите область применения и перечислите достоинства и недостатки термокаталитического метода очистки воздуха.
7. В чем заключается принцип плазмохимического метода очистки воздуха?
8. Перечислите достоинства и недостатки плазмокаталитического метода очистки воздуха.
9. Перечислите достоинства и недостатки фотокаталитического метода очистки воздуха.

Лабораторное занятие № 21

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ

Цель занятия: изучить конструкцию, эксплуатационные качества и стандарты стальных канатов.

Приборы и оборудование: образец стального проволочного каната, штангенциркуль, рукавицы.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с классификацией и нормами браковки стальных канатов.
3. Оценить безопасность использования каната на основе применения норм браковки.
4. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Безопасность использования стальных канатов оценивается в соответствии с нормами браковки, установленными «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов», утвержденными постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 28.06.2012 № 37.

К применению в качестве грузовых, стреловых, вантовых, тяговых, несущих, монтажных допускаются стальные канаты, соответствующие государственному, межгосударственному и международным стандартам, имеющие сертификат (свидетельство) или копию сертификата организации – изготовителя канатов в соответствии с государственными, межгосударственными и международными стандартами и ТНПА и разрешение Госпромнадзора. Канаты, не снабженные сертификатом (свидетельством) об их испытании, к использованию не допускаются. В случае замены каната на подъемном сооружении на канат другой конструкции необходимо получить заключение о возможности такой замены от завода-изготовителя или организации, имеющей специальное разрешение (лицензию) на деятельность в области промышленной безопасности – проектирование (конструирование).

При проектировании, а также перед установкой на кран канаты должны быть проверены расчетом по формуле

$$F_0 \geq SZ_p, \quad (21.1)$$

где F_0 – разрывное усилие каната в целом, Н, принимаемое по сертификату (свидетельству) о его испытании, а при проектировании – по данным стандарта на конкретный тип каната;

S – наибольшее натяжение ветви каната, Н, определенное при проектировании расчетом, а для кранов, находящихся в эксплуатации, – указанное в паспорте крана;

Z_p – минимальный коэффициент использования каната, определяемый в зависимости от группы классификации механизма.

Если в сертификате приведено суммарное разрывное усилие всех проволок каната, значение F_0 определяется умножением суммарного разрывного усилия на коэффициент 0,83. Для автомобильных кранов грузоподъемностью до 16 т включительно при выборе каната на механизм подъема груза должна приниматься группа классификации не менее М4. При работе крана в опасных условиях (транспортирование расплавленного металла, шлака, ядовитых и взрывчатых веществ) запрещается при выборе каната применять классификационную группу ниже М5.

Таблица 21.1

Минимальные значения коэффициентов использования канатов Z_p

Группа классификации (режима) механизма	Подвижные канаты	Неподвижные канаты (канаты, не работающие на блоках и барабанах)
М1	3,15	2,50
М2	3,35	2,50
М3	3,35	3,00
М4	4,00	3,50
М5	4,50	4,00
М6	5,60	4,50
М7	7,10	5,00
М8	9,00	5,00

Крепление и расположение канатов на кране должны исключать спадание их с блоков и барабанов, трение канатов об элементы конструкции или о канаты других полиспастов.

Крепление канатов к барабану должно производиться надежным способом, допускающим возможность замены канатов. При использовании прижимных планок их количество должно быть не менее двух. Длина свободного конца каната от последнего зажима на барабане должна быть не менее двух диаметров каната. Запрещается изгибать свободный конец каната под прижимной планкой или на расстоянии от планки менее трех диаметров каната.

Срок службы канатов на грузоподъемных кранах всех типов устанавливает (определяет) завод – изготовитель крана. В процессе эксплуатации канаты должны подвергаться визуальному и (или) инструментальному контролю по всей его длине, в т. ч. в местах его крепления и заделки, в соответствии с ТНПА.

Забракованные канаты следует заменять канатом той же конструкции. Канаты других конструкций рекомендуется устанавливать только по заключению организации – изготовителя крана или головной организации.

2. Классификация стальных канатов

Для оснастки механизмов кранов и монтажных лебедок применяют стальные канаты грузового назначения (Г), изготавливаемые из большого числа отдельных проволок и обладающие большой прочностью и гибкостью.

Грузовые канаты свивают из проволоки марки I, а в особо ответственных случаях – высшей марки (B). По механическим свойствам предпочтительна проволока с временным сопротивлением разрыву $\sigma_b = 1600\text{--}2000$ МПа, которая обеспечивает прочность при сохранении достаточной гибкости каната и в то же время за счет уменьшения диаметра каната позволяет использовать барабаны и блоки меньшего диаметра.

Канаты одинарной свивки (рис. 21.1, а), в которых проволока навивается последовательными концентрическими слоями вокруг центральной проволоки, обладают большой изгибной жесткостью и, как следствие, имеют ограниченное применение в качестве оттяжек.

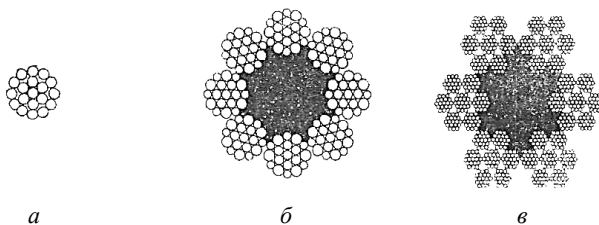


Рис. 21.1. Стальные канаты:
a – одинарной свивки; *б* – двойной свивки;
в – тройной свивки

Для работы с перегибами на блоках и барабанах пригодны канаты двойной свивки (рис. 21.1, *б*) из нескольких прядей, сплетенных вокруг мягкого сердечника. Такие канаты уступают по гибкости только канатам тройной свивки (рис. 21.1, *в*), однако последние применяют редко из-за высокой стоимости свивки стренг.

Канаты двойной свивки различают по следующим признакам:

- направлению свивки;
- взаимному направлению свивок каната и его элементов;
- возможности раскручивания;
- типу свивки прядей;
- материалу сердечника.

Для понимания конструкции каната также важно оценить число прядей и диаметр проволоки в отдельных слоях намотки.

Направление свивки каната имеет важное значение при работе на гладких барабанах: дополнительное подкручивание каната при эксплуатации увеличивает его прочность. Правая свивка или левая (Л), определяют по направлению свивки прядей наружного слоя в канатах двойной свивки (рис. 21.2).

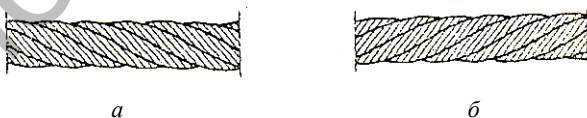


Рис. 21.2. Направление свивки прядей наружного слоя
 в канате двойной свивки: *a* – правое; *б* – левое

По сочетанию направлений свивки каната и прядей различают канаты (рис. 21.3): крестовой, односторонней (О) и комбинированной (К) свивки.

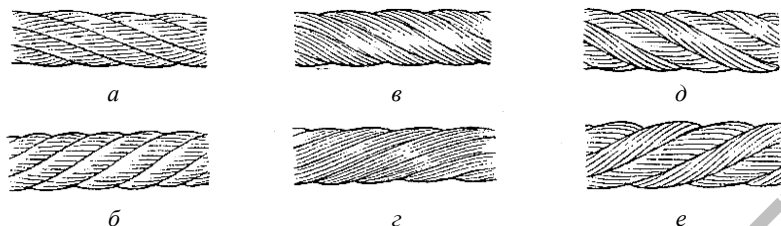


Рис. 21.3. Канаты с различными направлениями свивки проволок и прядей: а, б – крестовая правая и левая соответственно; в, з – односторонняя правая и левая соответственно; д, е – комбинированная правая и левая соответственно

При свивке каната в направлении, противоположном направлению свивки прядей, повышаются жесткость и напряжение смятия между проволоками вследствие их точечного касания. С другой стороны, канаты односторонней свивки не получили широкого применения, поскольку они раскручиваются, требуют осторожного обращения при монтаже и эксплуатации.

Нераскручивающиеся канаты (Н) изготавливают из проволок и прядей, которые подвергаются предварительной деформации для придания им формы, принимаемой в процессе свивки. Такие канаты по сравнению с раскручивающимися (Р) имеют очевидные преимущества: отсутствие внутренних напряжений в проволоках и прядях; меньшее стремление к кручению, образованию узлов и петель; равномерное распределение растягивающих усилий между прядями и отдельными проволоками; большую долговечность.

Стойкость канатов к коррозии повышается при цинковом покрытии поверхности проволок по группам ОЖ, Ж или С – для особо жестких, жестких или средних агрессивных условий работы. Для грузоподъемных машин, работающих в закрытых помещениях, используют канаты из проволок без коррозионностойкого покрытия. Применение находят и канаты с покрытием (П) – искусственными материалами.

В условное обозначение каната включают: диаметр, мм, и назначение каната, марку проволоки, вид покрытия, направление и способ свивки, маркировочную группу по $\sigma_{в}$, МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$). Например, канат диаметром 18 мм, грузового назначения, из проволоки марки I, оцинкованной по группе Ж, левой односторонней свивки, нераскручивающийся, маркировочной группы 1666 МПа ($170 \text{ кгс}/\text{мм}^2$) обозначают: канат 18-Г-I-Ж-Л-О-Н-1666 (170).

При отсутствии покрытия поверхности проволок и правой крестовой свивке: канат 18-Г-I-H-1666 (170).

По типу свивки прядей различают в основном канаты с точечным (ТК) и линейным (ЛК) касанием проволок между слоями. В первом случае витки проволок разных слоев перекрещиваются (рис. 21.4, а), что приводит к увеличению давления между проволоками и, как следствие, повышенному их изнашиванию. Линейное касание проволок при одинаковом угле их навивки в разных слоях пряди (рис. 21.4, б) имеет определенные преимущества: повышается износостойкость и долговечность, гибкость каната; улучшается заполнение поперечного сечения металлом.



Рис. 21.4. Пряди канатов с точечным (а) и линейным (б) касанием проволок

Комбинированное точечно-линейное касание проволок возникает в прядях ТЛК, когда средний слой проволок с наружным имеет линейный контакт, а с внутренним – точечный.

Линейный контакт достигается легче при использовании проволок разных диаметров. В двухслойных прядях Ж-Р они образуют наружный слой, а при навивке третьего слоя из проволок одинакового диаметра получают пряди ЛК-РО. С одинаковым числом и диаметром проволок в каждом слое могут быть выполнены пряди ЛК-О. В прядях типа ЛК-З проволоки меньшего диаметра используют для лучшего заполнения поперечного сечения металлом.

В грузоподъемных машинах применяют в основном шестипрядные канаты (рис. 21.5, а-г) с органическим сердечником (о. с.).

Пеньковые сердечники хорошо удерживают смазку, способствуя уменьшению коррозии и изнашивания проволок каната. Используют также асбестовые и металлические сердечники. Седьмая прядь в качестве металлического сердечника повышает прочность канатов (рис. 21.5, д, е), дает возможность применения их в условиях многослойной навивки на барабан и резко изменяю-

шейся нагрузки. Восьмипрядный канат двойной свивки типа ЛК-Р (рис. 21.1, б) имеет большую площадь контакта с желобом блока, поэтому он более долговечен.

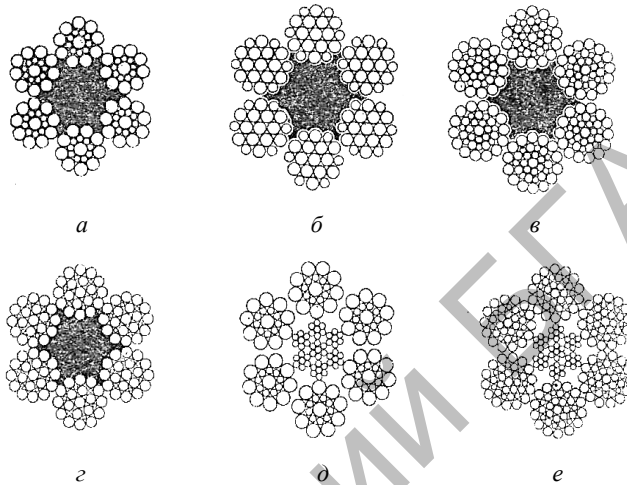


Рис. 21.5. Канаты двойной свивки:

- а* – ЛК-О $6 \times 19 (1 + 9 + 9) + 1$ о. с.; *б* – ЛК-Р $6 \times 19 (1 + 6 + 6/6) + 1$ о. с.;
в – ЛК-РО $6 \times 36 (1 + 7 + 7/7 + 14) + 1$ о. с.; *г* – ЛК-36 $\times 25 (1 + 6; 6 + 12) + 1$ о. с.;
д – ЛК-О $6 \times 19 (1 + 9 + 9) + 7 \times 7 (1 + 6)$; *е* – ЛК-РО $6 \times 36 (1 + 7 + 7/7 + 14) + 7 \times 7 (1 + 6)$

Конструкцию каната определяют число прядей, количество и диаметр проволок по слоям пряди, материал сердечника. На рис. 21.5, в, е представлены канаты двойной свивки типа ЛК-РО конструкций $6 \times 36 (1 + 7 + 7/7 + 14) + 1$ о. с. и $6 \times 36 (1 + 7 + 7/7 + 14) + 7 \times 7 (1 + 6)$ соответственно с одним органическим сердечником и седьмой прядью в качестве металлического сердечника. Каждая из 6 прядей канатов состоит из 36 проволок: одна – центральная; 7 проволок одинакового диаметра образуют первый слой; 7/7 проволок разного диаметра – второй слой; 14 проволок одинакового диаметра – третий.

3. Нормы браковки канатов

Для оценки безопасности использования канатов применяют следующие критерии:

– характер и число обрывов проволок, в т. ч. наличие обрывов проволок у концевых заделок, наличие мест сосредоточения обрывов проволок, интенсивность возрастания числа обрывов проволок;

– разрыв пряди;

– поверхностный и внутренний износ;

– поверхностная и внутренняя коррозия;

– местное уменьшение диаметра каната, включая разрыв сердечника;

– уменьшение площади поперечного сечения проволок каната (потери внутреннего сечения);

– деформация в виде волнистости, корзинообразности, выдавливания проволок и прядей, раздавливания прядей, заломов, перегибов и т. п.;

– повреждение в результате температурного воздействия или электрического разряда.

Конструкция каната влияет на допустимое число обрывов проволок, при наличии которых бракуются канаты двойной свивки, работающие со стальными и чугунными блоками (табл. 21.2).

При уменьшении диаметра каната в результате повреждения сердечника – внутреннего износа, обмятия, разрыва и т. п. (на 3 % от номинального диаметра у некрутящихся канатов и на 10 % у остальных канатов) – канат подлежит браковке даже при отсутствии видимых обрывов проволок.

При наличии у каната поверхностного износа или коррозии проволок число обрывов как признак браковки должно быть уменьшено в соответствии с данными табл. 21.3.

При уменьшении первоначального диаметра наружных проволок в результате износа или коррозии на 40 % и более канат бракуется. Определение износа или коррозии проволок по диаметру производится с помощью микрометра или иного инструмента, обеспечивающего аналогичную точность. При меньшем, чем указано в табл. 21.2, числе обрывов проволок, а также при наличии поверхностного износа проволок без их обрыва канат может быть допущен к работе при условии тщательного наблюдения за его состоянием при периодических осмотрах с записью результатов в журнал осмотра каната по достижении степени износа, указанной в табл. 21.3.

Таблица 21.2

Число обрывов проволок, при наличии которых бракуются канаты двойной свивки, работающие со стальными и чугунными блоками

Число несущих проволок в наружных прядях	Конструкции канатов по ИСО и государственным стандартам	Тип свивки	ГОСТ на канат	Группа классификации (режима) механизма							
				M1, M2, M3, M4				M5, M6, M7, M8			
				Крестовая свивка		Односторонняя свивка		Крестовая свивка		Односторонняя свивка	
				на участке длиной							
<i>l</i>				<i>6d</i>	<i>30d</i>	<i>6d</i>	<i>30d</i>	<i>6d</i>	<i>30d</i>	<i>6d</i>	<i>30d</i>
				5	6	7	8	9	10	11	12
$n \leq 50$	6×7 (6/1)			2	4	1	2	4	8	2	4
	6×7 (1 + 6) + 1×7 (1 + 6)	ЛК-О	3066–80								
	6×7 (1 + 6) + 1 о. с.	ЛК-О	3069–80								
	8×6 (0 + 6) + 9 о. с.	ЛК-О	3097–80								
$51 \leq n \leq 75$	6×19 (9/9/1)*			3	6	2	3	6	12	3	6
	6×19 (1 + 9 + 9) + 1 о. с.	ЛК-О	3077–80								
	6×19 (1 + 9 + 9) + 7×7 (1 + 6)*	ЛК-О	3081–80								
$76 \leq n \leq 100$	18×7 (1 + 6) + 1 о. с.	ЛК-О	7681–80	4	8	2	4	8	16	4	8
$101 \leq n \leq 120$	6×19 (1 + 6 + 6/6) + 7×7 (1 + 6)	ЛК-П	14954–80	5	10	2	5	10	19	5	10
	6×19 (1 + 6 + 6/6) + 1 о. с.	ЛК-П	2688–80								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	6×25 (1 + 6; 6 + + 12) + 1 о. с.	ЛК-3	7665–80								
	6×25 (1 + 6; 6 + + 12) + 7×7 (1 + 6)	ЛК-3	7667–80								
$121 \leq n \leq 140$	8×16 (0 + 5 + 11) + + 9 о. с.	ТК	3097–80	6	11	3	6	11	22	6	11
$141 \leq n \leq 160$	8×19 (1 + 6 + 6/6) + + 1 о. с.	ЛК-Р	7670–80	6	13	3	6	13	26	6	13
$161 \leq n \leq 180$	6×30 (0 + 15 + 15) + + 7 о. с.	ЛК-О	3083–80	7	14	4	7	14	29	7	14
	6×36 (1 + 7 + 7/7 + + 14) + 1 о. с.	ЛК-РО	7668–80								
	6×36 (1 + 7 + 7/7 + + 14) + 7×7 (1 + 6)*	ЛК-РО	7669–80								
$181 \leq n \leq 200$	6×31 (1 + 6 + 6/6 + + 12) + 1 о. с.	ЛК-О	16853–80	8	16	4	8	16	32	8	16
	6×31 (1 + 6 + 6/6 + + 12) + 7×7 (1 + 6)	ЛК-О	16853–80								
	6×37 (1 + 6 + 15 + + 15) + 1 о. с.	ТЛК-О	3079–80								
$201 \leq n \leq 220$				9	18	4	9	18	38	9	18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$221 \leq n \leq 240$	$6 \times 37 (1 + 6 + 15 + 15) + 1$ о. с.	ТЛК-О	3079–80	10	19	5	10	19	38	10	19
	$18 \times 19 (1 + 6 + 6/6) + 1$ о. с.	ЛК-Р	3088–80								
$241 \leq n \leq 260$				10	21	5	10	21	42	10	21
$261 \leq n \leq 280$				11	22	6	11	22	45	11	2
$281 \leq n \leq 300$				12	24	6	12	24	48	12	24
$300 \leq n$				$0,04n$	$0,08n$	$0,02n$	$0,04n$	$0,08n$	$0,16n$	$0,04n$	$0,08n$

Примечания:

1. Обозначение n – число несущих проволок в наружных прядях каната; d – диаметр каната, мм.
2. Проволоки заполнения не считаются несущими, поэтому не подлежат учету. В канатах с несколькими слоями прядей учитываются проволоки только видимого наружного слоя. В канатах со стальным сердечником последний рассматривается как внутренняя прядь и не учитывается.
3. Число обрывов не следует путать с количеством оборванных концов проволок, которых может быть в 2 раза больше.
4. Для канатов конструкции с диаметром наружных проволок во внешних прядях, превышающим диаметр проволок нижележащих слоев, класс конструкции понижен и отмечен звездочкой.
5. При работе каната полностью или частично с блоками из синтетического материала или из металла с синтетической футеровкой отмечается появление значительного числа обрывов проволок внутри каната до появления видимых признаков обрывов проволок или интенсивного износа на наружной поверхности каната. Такие канаты отбраковываются с учетом потери внутреннего сечения.
6. Незаполненные строки в графе «Конструкции канатов по ИСО и государственным стандартам» означают отсутствие конструкций канатов с соответствующим числом проволок. При появлении таких конструкций канатов, а также для канатов с общим числом проволок более 300 число обрывов проволок, при которых канат бракуется, определяется по формулам, приведенным в нижней строке таблицы, причем полученное значение округляется до целого в большую сторону.

Нормы браковки каната в зависимости от поверхностного износа или коррозии

Уменьшение диаметра проволок в результате поверхностного износа или коррозии, %	Количество обрывов проволок, % от нормы
10	85
15	75
20	70
25	60
30 и более	50

Если груз подвешен на двух канатах, то каждый бракуется в отдельности, причем допускается замена одного более изношенного каната.

Для оценки состояния внутренних проволок, т. е. для контроля потери металлической части поперечного сечения каната (потери внутреннего сечения), вызванной обрывами, механическим износом и коррозией проволок внутренних слоев прядей, канат необходимо подвергать дефектоскопии по всей его длине. При регистрации при помощи дефектоскопа потери сечения металла проволок, достигшей 17,5 % и более, канат бракуется.

При обнаружении в канате одной или нескольких оборванных прядей канат к дальнейшей работе не допускается.

Волнистость каната характеризуется шагом и направлением ее спирали. При совпадении направлений спирали волнистости и свивки каната и равенстве шагов спирали волнистости H_B и свивки каната H_K канат бракуется при диаметре спирали волнистости

$$d_B \geq 1,08d_K,$$

где d_K – номинальный диаметр каната.

При несовпадении направлений спирали волнистости и свивки каната и неравенстве шагов спирали волнистости и свивки каната или совпадении одного из параметров канат подлежит браковке при $d_B \geq 4 / 3d_K$. Длина рассматриваемого отрезка каната не должна превышать $25d_K$.

Канат подлежит браковке при обнаружении: корзинообразной деформации (рис. 21.6); выдавливания сердечника (рис. 21.7); выдавливания или расслоения прядей (рис. 21.8); местного увеличения

диаметра каната (рис. 21.9); местного уменьшения диаметра каната (на 3 % от номинального диаметра у некрутящихся канатов и на 10 % у остальных канатов); раздавленных участков (рис. 21.10); перекручиваний (рис. 21.11); заломов (рис. 21.12); перегибов (рис. 21.13); повреждений в результате температурных воздействий или электрического дугового разряда.



Рис. 21.6. Корзинообразная деформация

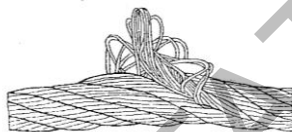


Рис. 21.7. Выдавливание сердечника



а



б

Рис. 21.8. Выдавливание проволок прядей:
а – в одной пряди; б – в нескольких прядях



Рис. 21.9. Местное увеличение диаметра каната



Рис. 21.10. Раздавливание каната



Рис. 21.11. Перекручивание каната



Рис. 21.12. Залом каната



Рис. 21.13. Перегиб каната

4. Методика проведения исследований

Экспериментальная часть работы состоит в изучении имеющихся в лаборатории образцов стальных канатов с целью характеристики каната по ряду классификационных признаков, определения его конструкции и соответствия требованиям безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.

Визуальное исследование каната включает оценку его по следующим признакам: виду покрытия поверхности проволок; направлениям свивки проволок в прядях и прядей в канате; взаимному направлению свивок; возможности раскручивания; типу свивки прядей; материалу сердечника. Конструкция каната определяется исходя из числа прядей, количества концентрических слоев пряди, числа и диаметра проволок в каждом слое.

Существенно меньший диаметр имеют проволоки заполнения в прядях ЛК-3. В прядях другого типа различие диаметров проволок можно установить с достаточной точностью только при помощи универсальных измерительных средств.

Диаметр каната следует определять методом непосредственной оценки, используя штангенциркуль, на участке без поверхностного износа и коррозии, видимых повреждений каната. При обнаружении таковых оценивается безопасность эксплуатации каната по существующим нормам браковки.

Число обрывов наружных проволок устанавливается на длине участка контроля каната, принимаемой равной 6 или 30 диаметрам каната. Число обнаруженных обрывов проволок сравнивается с допустимым для данной конструкции каната (табл. 21.1), и делается вывод о пригодности его к эксплуатации. Браковке подлежат канаты с повреждениями сердечника и различного рода деформациями (рис. 21.6–21.13).

5. Порядок выполнения работы

Работа выполняется индивидуально каждым студентом в следующем порядке:

1. Для образца каната, предложенного преподавателем, определяются направления свивки проволок и прядей, взаимное направление свивок, способ и тип свивки, вид покрытия поверхности проволок, материал сердечника.

2. Измеряются диаметр каната и диаметры проволок в слоях пряди.
3. Устанавливается условное обозначение каната грузового назначения из проволоки марки I на основе данных исследования образца.
4. Изучается и маркируется конструкция каната, дается схема поперечного сечения, устанавливается ГОСТ на стальной канат.
5. По справочным таблицам (прилож. 2) определяется разрывное усилие F_0 , Н, каната в целом, учитывая принятый предел прочности проволоки σ_b .
6. Рассчитывается наибольшее допустимое натяжение ветви каната по формуле (21.1).
7. Оценивается безопасность использования каната на основе применения норм браковки.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. В чем различие канатов одинарной, двойной и тройной свивки?
2. Как определить направление свивки в канатах двойной свивки?
3. Дайте сравнительную характеристику канатам односторонней и крестовой свивки.
4. Оцените влияние на долговечность каната технологических факторов: качества проволоки, покрытия ее поверхности, характера свивки.
5. Перечислите типы свивки прядей.
6. Канаты какой конструкции наиболее широко используются?
7. Какие критерии применяют для оценки безопасности использования канатов?
8. На какой длине участка каната контролируют число обрывов наружных проволок? Как взаимосвязаны эти величины?

Лабораторное занятие № 22

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОИОННОГО СОСТАВА ВОЗДУХА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Цель занятия: провести исследования параметров аэроионного состава воздуха на рабочих местах.

Приборы и оборудование: малогабаритный аэроионный счетчик МАС-01.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с устройством и принципом работы счетчика аэроионов МАС-01 и методикой проведения измерений.
3. Провести оценку параметров аэроионного состава воздуха.
4. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Аэроионизация (ионизация воздуха) является одним из важных факторов воздействия окружающей среды на здоровье человека при нахождении его как на открытом пространстве, так и в замкнутых помещениях.

В соответствии с ГОСТ 12.003–74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» повышенная или пониженная ионизация воздуха относится к группе вредных факторов физической природы.

Ионизация воздуха – это процесс превращения нейтральных атомов и молекул газов и других компонентов воздушной среды в ионы, т. е. в электрически заряженные частицы, несущие как положительные (аэроионы положительной полярности), так и отрицательные (аэроионы отрицательной полярности) заряды.

По подвижности аэроионы подразделяются на:

- легкие аэроионы – с подвижностью 0,5–2 см/с;
- средние – 0,01–0,50 см/с;
- тяжелые – 0,0001–0,0100 см/с.

Положительные (тяжелые) аэроионы угнетают целый ряд физиологических и биохимических процессов в организме человека.

Аэроионы с отрицательным зарядом (легкие аэроионы), взаимодействуя с биологическими мембранами, могут изменять их электрический потенциал и тем самым влиять на различные окислительные реакции в организме. Это благоприятно сказывается на функциях всех органов и систем, нормализует обмен веществ, стимулирует иммунные процессы. Благодаря воздействию отрицательных аэроионов улучшается самочувствие человека, повышается интенсивность газообмена и других физиологических функций. Воздух, насыщенный отрицательными аэроионами, способствует повышению неспецифической сопротивляемости организма и устойчивости к воздействию токсических веществ, ускорению восстановительных процессов. Он также уменьшает вредное действие углекислого газа, оказывает защитное воздействие при хронической оксиглеродной интоксикации, интоксикации бензином, хронических профессиональных отравлениях марганцем, сероуглеродом, веществами бензольного ряда. Кроме того, такой воздух стимулирует влияние ионов на тепловой обмен при умеренно повышенных температурах.

Аэроионный состав воздуха на рабочих местах устанавливается в зависимости от происходящих в помещении или на производственном объекте процессов ионизации и деионизации (снижение ионного состава воздуха в результате специальных методов его обработки), а также в зависимости от интенсивности воздухообмена (рис. 22.1).

Параметры ионизации воздуха характеризуют его качество. В связи с этим они должны контролироваться на рабочих местах и соответствовать гигиеническим нормативам.

2. Нормируемые показатели аэроионного состава воздуха рабочих мест

В настоящее время аэроионный состав воздуха контролируется при проведении производственного санитарного контроля, при аттестации рабочих мест по условиям труда и в других необходимых случаях.

Санитарно-гигиенические требования к аэроионному составу воздуха помещений установлены СанПиН № 104 от 02.08.2010 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений».

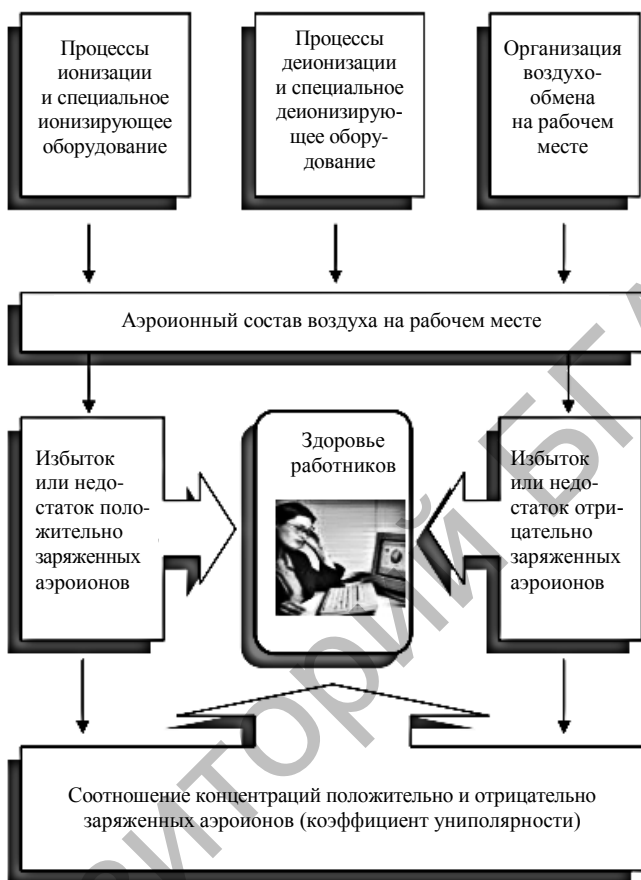


Рис. 22.1. Факторы, учитываемые при оценке влияния аэрионного состава воздуха на здоровье работника

Оценка уровня аэрионизации воздушной среды должна производиться в помещениях:

- замкнутых, с искусственной средой обитания;
- в отделке и оснащении которых используются синтетические материалы или покрытия, способные накапливать электростатический заряд;
- в которых эксплуатируется оборудование, способное создавать электростатические поля, включая видеодисплейные терминалы

и технические средства механизации и автоматизации инженерного и управленческого труда, приводящие к изменению аэроионного состава воздуха;

- оснащенных системами принудительной вентиляции, очистки и (или) кондиционирования воздуха;

- в которых эксплуатируются аэроионизаторы и деионизаторы;

- в которых осуществляются технологические процессы плавки или сварки металлов;

- в которых эксплуатируются установки, способные изменить ионный состав воздуха;

- в которых эксплуатируется технологическое оборудование по производству полимерных, пленочных и листовых материалов.

Нормируемыми показателями аэроионного состава воздуха производственных и общественных помещений являются:

- концентрации аэроионов (минимально допустимые и максимально допустимые) обеих полярностей $po^{(+)}$, $po^{(-)}$, определяемые как количество аэроионов определенной полярности в одном кубическом сантиметре воздуха (ион/см³ или см⁻³);

- коэффициент униполярности $У$ (его минимально и максимально допустимые значения), определяемый как отношение концентрации аэроионов положительной полярности $po^{(+)}$ к концентрации аэроионов отрицательной полярности $po^{(-)}$:

$$У = po^{(+)} / po^{(-)}.$$

Минимально и максимально допустимые значения нормируемых показателей аэроионного состава воздуха в зоне дыхания работника определяют диапазоны концентраций аэроионов обеих полярностей и коэффициента униполярности, отклонения от которых могут привести к неблагоприятным последствиям для здоровья человека (вредные условия труда).

Допустимые значения концентраций аэроионов po и коэффициента униполярности $У$ приведены в табл. 22.1.

В зонах дыхания персонала на рабочих местах, где имеются источники электростатических полей (видеодисплейные терминалы или другие виды оргтехники), допускается отсутствие аэроионов положительной полярности.

Таблица 22.1

Допустимые значения нормируемых параметров аэроионного состава воздуха

Нормируемые показатели	Концентрация аэроионов po (ионов/см ³)		Коэффициент униполярности $У$
	положительной полярности	отрицательной полярности	
Минимально допустимые	$po^{(+)} \geq 400$	$po^{(-)} > 600$	$0,4 \leq У < 1,0$
Максимально допустимые	$po^{(+)} < 50\ 000$	$po^{(-)} \leq 50\ 000$	

Отсутствие ионов отрицательной полярности в зоне дыхания недопустимо.

3. Приборы и оборудование

Малогабаритный аэроионный счетчик МАС-01 предназначен для измерений концентрации положительных и отрицательных аэроионов с целью контроля уровней ионизации воздуха производственных помещений.

Внешний вид счетчика аэроионов МАС-01 представлен на рис. 22.2. На рис. 22.3 представлена функциональная схема прибора МАС-01.

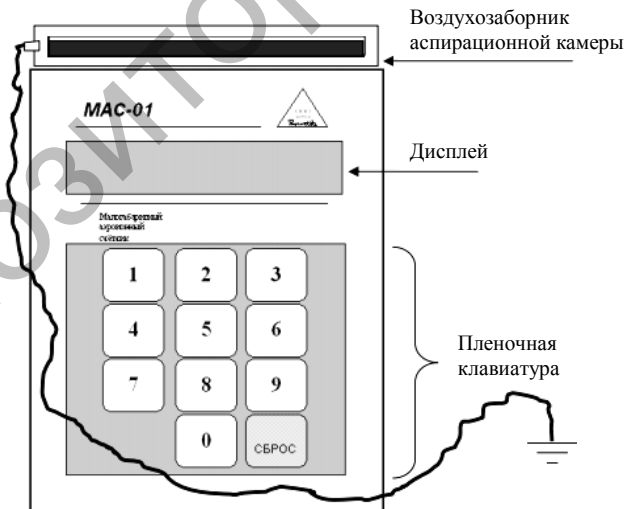


Рис. 22.2. Счетчик аэроионов МАС-01

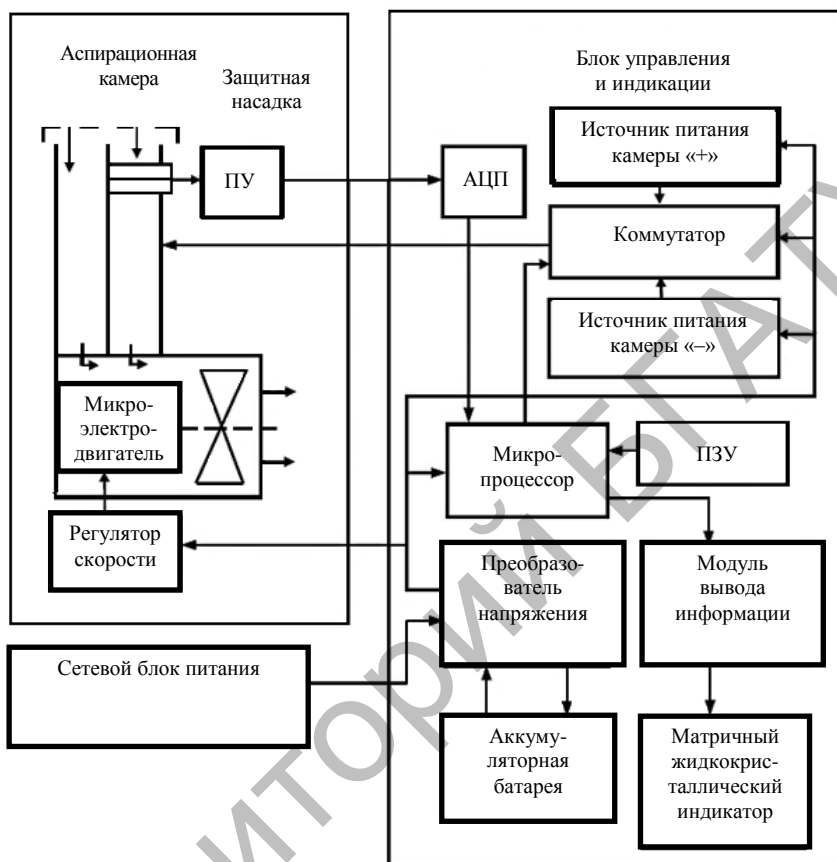


Рис. 22.3. Функциональная схема прибора MAC-01

Счетчик аэроионов MAC-01 имеет в своем составе аспирационную камеру, через которую при помощи встроенного вентилятора прокачивается исследуемый воздух помещения, и блок регистрации и обработки результатов измерений. Управление режимами измерений счетчика осуществляется посредством пленочной клавиатуры, расположенной на лицевой панели прибора. Обработку результатов измерений и их вывод на дисплей (матричный жидкокристаллический индикатор) осуществляет встроенный микропроцессор. Счетчик питается от аккумуляторных батарей.

4. Порядок проведения измерений для оценки аэроионного состава воздуха

1. Ознакомиться с объектом измерений (помещением, оборудованием, средствами вентиляции, используемым аэроионизатором).

2. Подготовить прибор МАС-01 к работе, выполнить предварительные операции по созданию необходимых условий измерений, подготовить объект измерений (проверить правильность размещения аэроионизатора) и опробовать счетчик аэроионов МАС-01 в соответствии с его руководством.

3. Установить счетчик аэроионов на контролируемом рабочем месте, причем при проведении измерений перед его аспирационным входом не должно находиться никаких посторонних предметов. Любые расположенные вблизи счетчика заряженные предметы (синтетическая одежда, отделочные материалы и т. д.) могут влиять на результаты измерений.

4. При измерениях концентраций аэроионов на оснащенных аэроионизатором рабочих местах необходимо производить отбор проб воздуха счетчиком аэроионов в направлении, перпендикулярном направлению преимущественного движения аэроионов от аэроионизатора.

Для оперативного обнаружения в помещении места с наиболее благоприятными параметрами аэроионного состава воздуха необходимо проводить измерения с применением алгоритмов измерений, представленных на рис. 22.4 и 22.5.

Результаты измерений занести в табл. 22.2.

Результаты измерений оформить в виде соответствующих графиков – зависимости параметров аэроионного состава воздуха от времени работы оборудования и ионизатора, от расстояния до соответствующего оборудования и ионизатора.

5. Сравнить полученные средние значения $po^{(+)}$, $po^{(-)}$ и коэффициента униполярности U с требованиями санитарных правил и нормативов. Требования действующих санитарных правил и нормативов признаются выполненными, если полученные значения концентраций аэроионов и коэффициента униполярности находятся внутри диапазонов, определяемых нормируемыми показателями (см. табл. 22.1).

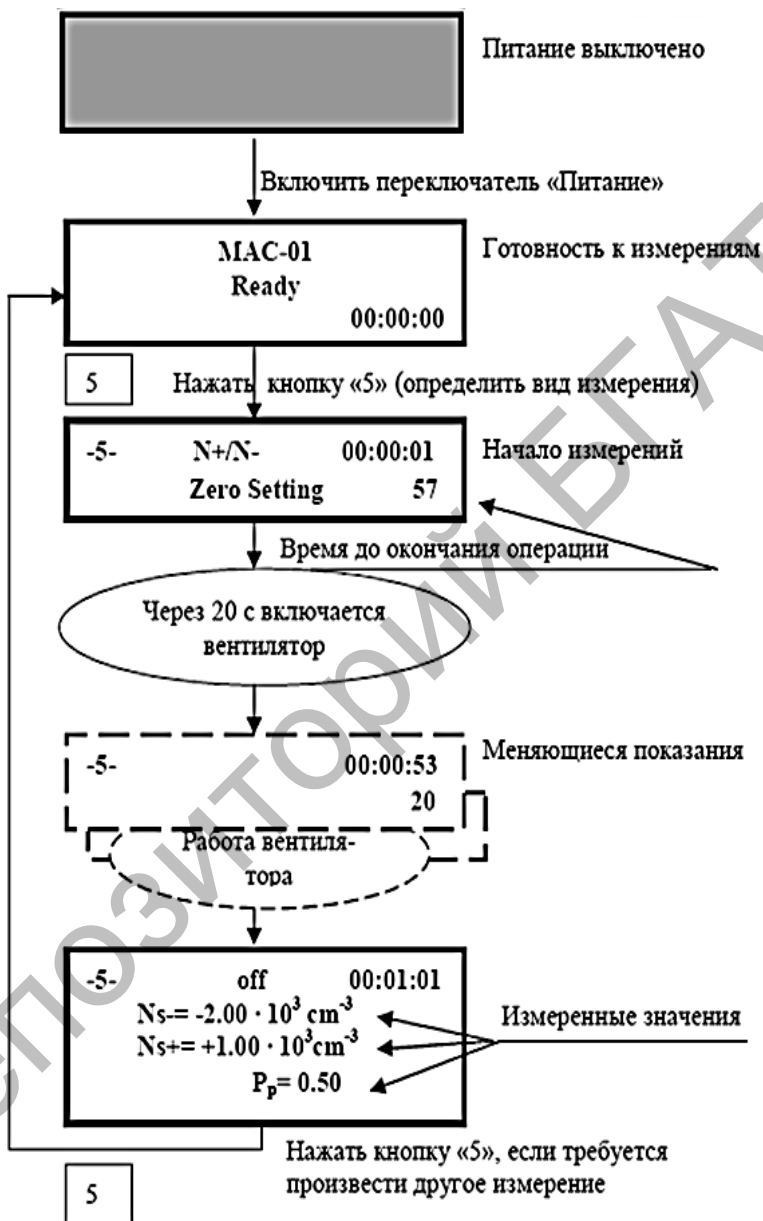


Рис. 22.4. Алгоритм измерений трех параметров аэроионизации

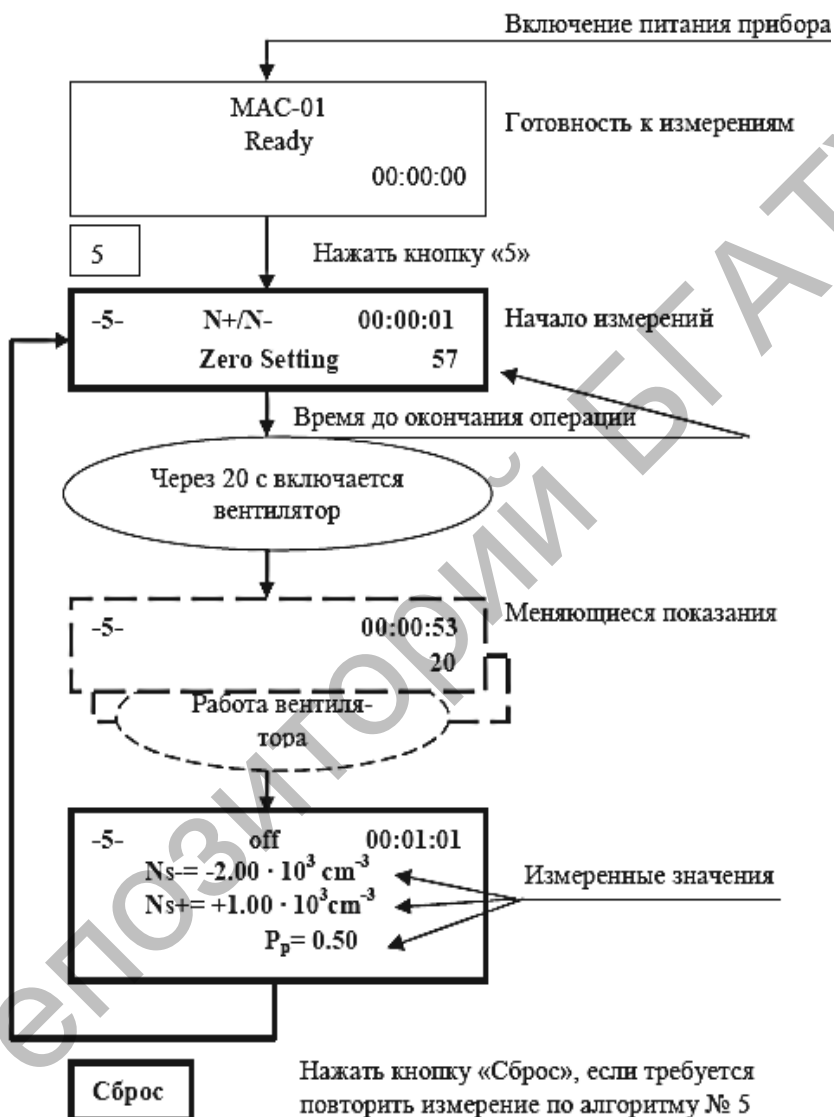


Рис. 22.5. Алгоритм повторных измерений трех параметров аэроионизации (организация цикла измерений)

Результаты измерений

Условия проведения измерений	Концентрация положительных аэроионов $po^{(+)}$	Концентрация отрицательных аэроионов $po^{(-)}$	Коэффициент униполярности У
На рабочем месте:			
1-е измерение			
2-е измерение			
3-е измерение			
На расстоянии от ионизатора:			
– 0,5 м:			
1-е измерение			
2-е измерение			
3-е измерение			
– 1 м:			
1-е измерение			
2-е измерение			
3-е измерение			
– 2 м:			
1-е измерение			
2-е измерение			
3-е измерение			
На рабочем месте после 15 мин проветривания:			
1-е измерение			
2-е измерение			
3-е измерение			

6. Выполнить эскиз рабочего места с указанием размещения оборудования и ионизатора, размеров помещения, точек измерения, выявленной точки с наиболее благоприятным аэроионным составом воздуха.

7. Дать обоснованные предложения по улучшению параметров аэроионного состава воздуха на рабочем месте и в контролируемом помещении.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Что такое ионизация воздуха?
2. Какие аэроионы называются легкими, а какие тяжелыми?
3. Как определяется коэффициент униполярности воздуха в помещении?
4. Как влияет на концентрацию аэроионов расстояние от источника аэроионов?
5. Как влияют вентиляция и кондиционирование на аэрионный состав воздуха в помещении?
6. Какие режимы измерений позволяет осуществить аэрионный счетчик МАС-01?

Лабораторное занятие № 23

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Цель занятия: изучить методику и провести измерения напряженности электрических, магнитных и электростатических полей на рабочем месте оператора ПЭВМ.

Приборы и оборудование: измеритель напряженности переменных электрических, магнитных и электростатических полей ПЗ-80.

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с устройством и принципом работы измерителя ПЗ-80 напряженности переменных электрических, магнитных и электростатических полей.
3. Ознакомиться с методикой проведения измерений.
4. Провести измерение уровней переменных электрических, магнитных и электростатических полей на рабочем месте, оборудованном ПЭВМ.
5. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

Источники и характеристики электромагнитных полей ПЭВМ

В процессе работы персональная электронно-вычислительная машина (ПЭВМ) создает вокруг себя поля с широким частотным спектром и пространственным распределением, такие как:

- переменные низкочастотные электрические поля;
- переменные низкочастотные магнитные поля;
- электростатическое поле.

Потенциально возможными вредными факторами могут быть также:

- электромагнитное излучение радиочастотного диапазона;
- электромагнитный фон (электромагнитные поля, создаваемые сторонними источниками).

Следует отметить, что экраны современных дисплеев делают из стекла, непрозрачного для рентгеновского излучения, возникающего в трубке, а ультрафиолетовое излучение при испытаниях не обнаруживается даже в самых старых моделях дисплеев. Излучения

радиочастотного диапазона от электронных узлов компьютерной техники также существенно ниже предельно допустимых уровней, регламентируемых санитарными нормами. Соответственно, это факторы потенциально опасные, но не имеющие места при практической работе.

Электростатическое поле возникает за счет наличия электростатического потенциала (ускоряющего напряжения) на экране ЭЛТ. При этом появляется разность потенциалов между экраном дисплея и пользователем ПЭВМ. Электростатическое поле вокруг пользователя зависит не только от полей, создаваемых дисплеем, но также от разности потенциалов между пользователем и окружающими предметами. Эта разность потенциалов возникает, когда заряженные частицы накапливаются на теле в результате ходьбы по полу с ковровым покрытием, при трении материалов одежды друг о друга и т. д.

При разработке современных моделей дисплеев приняты кардинальные меры для снижения электростатического потенциала экрана, но достигается это лишь в установившемся режиме работы дисплея. Т. е. в течение 20–30 с после включения и до нескольких минут после выключения уровень электростатического потенциала экрана в десятки раз превышает норму.

Электромагнитное поле (ЭМП) – это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между заряженными частицами. Источниками переменных электрических и магнитных полей в ПЭВМ являются узлы, в которых присутствует высокое переменное напряжение, и узлы, работающие с большими токами.

Типичные пространственные распределения переменного магнитного поля и переменного электрического поля вокруг дисплея ПЭВМ показаны на рис. 23.1 и 23.2 соответственно.

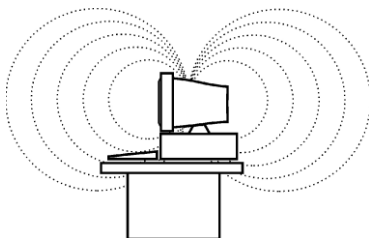


Рис. 23.1. Силовые линии магнитного поля вокруг дисплея

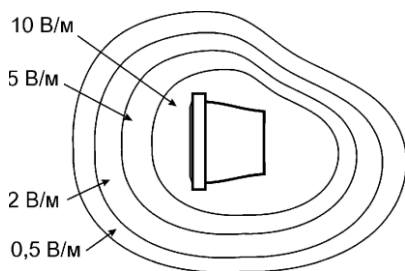


Рис. 23.2. Пространственная диаграмма распределения интенсивности электрического поля вокруг дисплея

По частотному спектру эти электромагнитные поля делятся на две группы:

- поля, создаваемые блоком питания и блоком кадровой развертки дисплея (основной энергетический спектр этих полей сосредоточен в диапазоне частот до 1 кГц);

- поля, создаваемые блоком строчной развертки (энергетический спектр сосредоточен в диапазоне частот от 15 до 100 кГц).

Электромагнитные поля, порожденные посторонними источниками, называют *фоновыми полями*. Характер этих полей, их пространственное распределение и уровни определяются физическими особенностями источников, положением их по отношению к рабочему месту. Основным источником фоновых полей – это сеть электропитания.

Предельно допустимые уровни электромагнитных полей на рабочих местах

Нормирование параметров ЭМП осуществляется с учетом возможности одновременного воздействия на пользователя ПЭВМ всех перечисленных выше физических факторов.

Предельно допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах пользователей, согласно Санитарным нормам и правилам «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» и Гигиеническому нормативу «Предельно допустимые уровни нормируемых параметров при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» от 28.06.2013 № 59 представлены в табл. 23.1, 23.2.

Таблица 23.1

Предельно допустимые уровни электромагнитных полей от экранов видеодисплейных терминалов, ЭВМ и ПЭВМ

Параметр	Предельно допустимый уровень, не более
Напряженность электрического поля в диапазоне частот: 5 Гц – 2 кГц; 2–400 кГц	25,0 В/м 2,5 В/м
Плотность магнитного потока магнитного поля в диапазоне частот: 5 Гц – 2 кГц; 2–400 кГц	250 нТл 25 нТл
Напряженность электростатического поля	15 кВ/м

Таблица 23.2

Предельно допустимые уровни электромагнитных полей при работе с видеодисплейными терминалами, ЭВМ, ПЭВМ от клавиатуры, системного блока, манипулятора «мышь», беспроводных систем передачи информации и иных периферийных устройств

Диапазоны частот	0,3–300 кГц	0,3–3 МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	0,3–300 ГГц
Предельно допустимые уровни	25 В/м	15 В/м	10 В/м	3 В/м	10 мкВт/см ²

Требования к инструментальному контролю и гигиенической оценке уровней электромагнитных полей, создаваемых видеодисплейными терминалами, ЭВМ и ПЭВМ

Инструментальный контроль электромагнитной обстановки, создаваемой видеодисплейными терминалами (ВДТ), ЭВМ и ПЭВМ, производится:

- при аттестации рабочих мест по условиям труда;
- при комплексной гигиенической оценке условий труда работников;
- при вводе ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ в эксплуатацию, а также организации новых и переоборудовании существующих рабочих мест;
- после проведения организационно-технических мероприятий, направленных на нормализацию электромагнитной обстановки;

- в рамках государственной санитарно-гигиенической экспертизы;
- при проведении производственного контроля.

Инструментальный контроль проводится органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, и (или) испытательными лабораториями (центрами), аккредитованными в установленном порядке.

Инструментальный контроль уровней электромагнитных полей должен осуществляться приборами с допускаемой основной относительной погрешностью измерений, не превышающей $\pm 25\%$, включенными в Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь и имеющими действующие свидетельства о поверке.

Следует отдавать предпочтение измерителям с изотропными антеннами-преобразователями.

Перед проведением измерений переменных электрических и магнитных полей (ЭП и МП), статических электрических полей от ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ должны быть подготовлены ВДТ, ЭВМ или ПЭВМ и средства измерения в соответствии с их эксплуатационной документацией.

При проведении измерений переменных ЭП и МП, статических электрических полей на рабочем месте, оборудованном ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ, должно быть включено все другое используемое для работы электрооборудование, размещенное в данном помещении, в т. ч. устройства общего и местного освещения.

Измерения проводятся в нормальных климатических условиях, если другое не установлено технической и эксплуатационной документацией на ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ.

Измерения проводятся не ранее чем через 20 мин после включения питания.

Для проведения измерений переменных ЭП и МП на рабочих местах необходимо установить на экране ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ типичное для данного вида работы изображение (текст, графики и др.). Для проведения измерений переменных ЭП и МП в рамках государственной санитарно-гигиенической экспертизы вся рабочая зона экрана (темный фон) заполняется светлой прописной буквой Н, имеющей высоту 3 мм, которая соответствует расстоянию наблюдения 500 мм и оптимальному угловому размеру знака 20° .

Измерение уровней переменных ЭП и МП, статических электрических полей на рабочем месте, оборудованном ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ, производится:

– для дисплеев на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) и плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные и др.) – в точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от экрана дисплея на высоте 0,5, 1,0 и 1,5 м от поверхности пола;

– для дисплеев портативных компьютеров – в точках, расположенных на расстоянии 0,4 м от центра клавиатуры портативного компьютера на высоте 0,5, 1,0 и 1,5 м от поверхности пола.

Измерение уровней переменных ЭП и МП, статических электрических полей от ВДТ, ЭВМ и ПЭВМ в рамках государственной санитарно-гигиенической экспертизы производится:

– для дисплеев на ЭЛТ и плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) – в 1-й точке, расположенной по нормали к центру экрана на расстоянии 0,5 м от экрана дисплея (рис. 23.3); во 2-й точке, расположенной по нормали к центру левой боковой поверхности дисплея на расстоянии 0,5 м; в 3-й точке, расположенной по нормали к центру правой боковой поверхности дисплея на расстоянии 0,5 м; в 4-й точке, расположенной по нормали к центру тыльной поверхности дисплея на расстоянии 0,5 м;

– для дисплеев портативных компьютеров – в 1-й точке, расположенной по нормали к центру экрана на расстоянии 0,4 м от центра клавиатуры портативного компьютера (рис. 23.3); во 2-й точке, расположенной по нормали к центру левой боковой поверхности дисплея на расстоянии 0,5 м; в 3-й точке, расположенной по нормали к центру правой боковой поверхности дисплея на расстоянии 0,5 м; в 4-й точке, расположенной по нормали к центру тыльной поверхности дисплея на расстоянии 0,5 м.

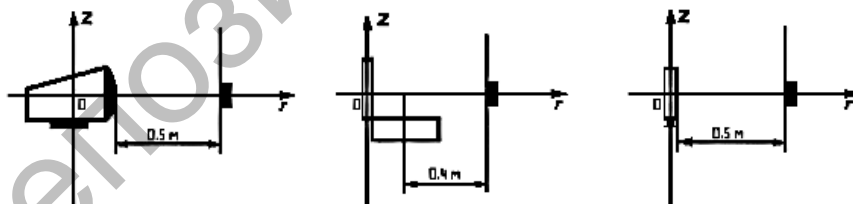


Рис. 23.3. Расположение измерительной антенны относительно экранов дисплеев ВДТ, ЭВМ или ПЭВМ

В каждой точке необходимо проводить не менее трех измерений ЭМП. Для гигиенической оценки выбираются максимальные из измеренных на различных высотах средних значений.

Измерения уровней ЭМП от оборудования (клавиатура, системный блок, манипулятор «мышь», беспроводные системы передачи информации и иные периферийные устройства), использование которого связано с возможным его приближением к телу человека на расстояние *менее чем* $(0,1 \pm 0,01)$ м, а также от оборудования, контактирующего с телом человека или отдельными его частями, проводятся на расстоянии $(0,05 \pm 0,01)$ м от корпуса такого оборудования.

Измерения уровней ЭМП от оборудования (клавиатура, системный блок, манипулятор «мышь», беспроводные системы передачи информации и иные периферийные устройства), использование которого связано с возможным его приближением к человеку на расстояние *более чем* $(0,1 \pm 0,01)$ м, проводятся на расстоянии $(0,5 \pm 0,02)$ м от корпуса такого оборудования.

Гигиеническая оценка воздействия ЭМП различных частот должна производиться на соответствие установленным предельно допустимым уровням (ПДУ) для соответствующего диапазона частот.

Беспроводные периферийные устройства (клавиатуры, манипуляторы «мышь», беспроводные системы передачи информации и др.) оцениваются в соответствии с частотой ЭМП, указанной на самих устройствах или в технико-эксплуатационной документации. Проводные периферийные устройства (клавиатуры, манипуляторы «мышь», принтеры, сканеры и др.), а также системные блоки оцениваются на частоте 0,3–300 кГц.

Гигиеническая оценка уровней ЭМП должна производиться с учетом погрешности средства измерения. При этом с нормативным значением сравнивается результат измерения, к которому прибавлена абсолютная погрешность средства измерения.

При проведении инструментального контроля ЭМП от экранов ВДТ, ЭВМ или ПЭВМ в помещениях с высоким уровнем фонового ЭМП промышленной частоты 50 Гц, в которых уровни ЭМП в диапазоне 5 Гц – 2 кГц превышают значения установленных нормативов, измерения в этом диапазоне рекомендуется проводить следующим образом:

– необходимо использовать средство измерения, обеспечивающее возможность раздельного измерения ЭП и МП в полосе частот 45–55 Гц и в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц с вырезанной полосой частот 45–55 Гц;

– уровни ЭП и МП на рабочих местах пользователей ВДТ, ЭВМ или ПЭВМ следует считать предельно допустимыми, если в полосе

частот 45–55 Гц они не превышают предельно допустимых для населения (напряженность ЭП 500 В/м и индукция МП 5 мкТл), а в оставшейся части диапазона частот 5 Гц – 2 кГц не превышают ПДУ (напряженность ЭП 25 В/м и индукция МП 0,25 мкТл), предусмотренных Гигиеническим нормативом «Предельно допустимые уровни нормируемых параметров при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами»;

– допускается для отдельной оценки соответствующих частотных составляющих использовать два отдельных прибора, один из которых измеряет ЭМП во всем диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц, а другой – на промышленной частоте 50 Гц в полосе шириной ± 5 Гц. В качестве уровней ЭП и МП, создаваемых ВДТ, ЭВМ или ПЭВМ, следует брать абсолютную разницу в показаниях этих приборов с учетом их абсолютных погрешностей. Она не должна превышать ПДУ, предусмотренные Гигиеническим нормативом. ЭМП промышленной частоты не должны превышать ПДУ для населения (относительная погрешность каждого из приборов не должна превышать ± 25 %).

2. Приборы и оборудование

Измеритель ПЗ-80 предназначен для измерения среднеквадратичных значений напряженности переменных электрических (НЭП) и магнитных (НМП) полей источников, а также для измерения напряженности электростатических полей (НЭСП).

Прибор включает:

- цифровой преобразователь электромагнитного поля ПЗ-80-ЕН 500 (рис. 23.4);
- цифровой преобразователь электромагнитного поля ПЗ-80-Е (рис. 23.5);
- индикаторный блок (ИБ) типа ЭКОТЕРМИНАЛ (в комплекте с набором аккумуляторов: 4 элемента типа АА (LR6)).



Рис. 23.4. Цифровой преобразователь электромагнитного поля ПЗ-80-ЕН 500



Рис. 23.5. Цифровой преобразователь электромагнитного поля ПЗ-80-Е

Технические характеристики прибора

Рабочий диапазон частот измерителя с преобразователем ПЗ-80-ЕН 500 – от 0,005 до 500 кГц.

Изменяемые параметры:

1. В режиме ПЗ-80-Н400:

- текущие, максимальные и минимальные среднеквадратичные значения НЭП (НМП) в 27 полосах в диапазоне от 25 до 675 Гц;
- текущие, максимальные и минимальные среднеквадратичные значения НЭП (НМП) в полосах 5–2000 Гц, 10–30 кГц; 2–400 кГц.

2. В режиме ПЗ-80-Е: диапазон измерения напряженности электростатического поля (НЭСП) 0,3–200 кВ/м.

Сборка и включение прибора

Подключить штекер кабеля цифрового преобразователя ПЗ-80-ЕН 500 или ПЗ-80-Е к разъему DIN на нижнем торце индикаторного блока ЭКОТЕРМИНАЛ.

Включить прибор клавишей ВКЛ/ВЫКЛ. На экране появится меню различных режимов индикатора ЭКОТЕРМИНАЛ.

Используя клавиши со стрелками вверх (↑) и вниз (↓), выбрать в меню режимов ИБ нужную строку (ПЗ-80-Н400, ПЗ-80-Е400 или ПЗ-80-Е), нажать на кнопку ОК или МЕНЮ. Прибор перейдет в выбранный режим измерения, и на экране появится одно из окон результатов.

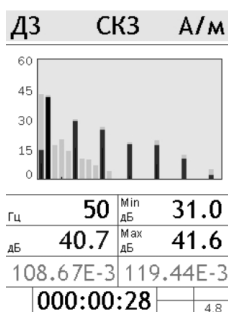
Окна представления результатов

График

В окне в графическом виде приводятся уровни напряженности электрического или магнитного полей (рис. 23.6, а). Клавиши ← и → перемещают частотный курсор по графику. Среднеквадратичный уровень напряженности поля для выбранной полосы выводится в таблице под графиком (дБ относительно опорного уровня, указанного в поле калибровочных настроек меню режима). Для магнитного поля (режимы ПЗ-80-Н400) правая контекстная клавиша переключает единицы измерения: А/м и мкТл.

Все СКЗ и Пик

В окне высвечиваются все одновременно измеряемые значения напряженности поля для выбранной полосы: среднеквадратичное за все время измерения *Leq*, текущее СКЗ, пиковое значение за последние 5 с ПикТ, глобальное пиковое значение Пик, максимальная *Max* и минимальная *Min* величины текущего СКЗ за время измерения (рис. 23.6, б).



а

5-2000 Гц	В/м
<i>Leq</i>	9.69E+0
СКЗ	11.60E+0
ПикТ	19.68E+0
Пик	19.68E+0
Max	12.22E+0
Min	9.65E+0
	000:00:12
	48

б

СКЗ	В/м
50 Гц	Max 1.04E+0
6.85E+0	Min 6.66E+0
Реж.50	Max 2.16E+0
1.22E+0	Min 9.81E-3
10-30к	Max 0.23E-3
7.94E-3	Min 6.27E-3
2-400к	Max 5.25E-3
3.69E-3	Min 3.48E-3
	000:00:32
	48

в

	СКЗ	<i>Leq</i>
Гц	дБ	дБ
25	52.7	63.3
50	79.4	79.3
75	37.8	39.3
100	41.1	40.4
125	32.4	34.4
150	51.9	51.6
175	31.0	34.2
	000:05:23	48

г

	ПЗ-80-Е
СКЗ	кВ/м 0.57
Min	кВ/м 0.31
Max	кВ/м 3.17
дБ	Min 49.7
55.1	Max 70.0
	000:00:08
	44

д

Рис. 23.6. Окна представления результатов

Все источники

В окне показаны измеряемые значения напряженности поля одновременно для всех полос: среднеквадратичное за все время измерения *Leq*, текущее СКЗ, максимальная *Max* и минимальная *Min* величины текущего СКЗ за время измерения (рис. 23.6, в).

Левая и средняя контекстные клавиши переключают *Leq*/СКЗ (при этом индикация величин *Max* и *Min* сменяется на индикацию ПикТ и Пик).

Правая контекстная клавиша переключает абсолютный и логарифмический масштабы (т. е. между В/м и дБ – для электрического поля; А/м, мкТл и дБ – для магнитного поля).

25 Гц табл. шаг; 50 Гц табл. шаг; 100 Гц табл. шаг

Представление уровней напряженности в узких полосах частот в диапазоне 25–675 Гц с шагом 25, 50 или 100 Гц (рис. 23.6, з). Правая контекстная клавиша переключает Min/Max/Leq. Клавиши $\uparrow\downarrow$ позволяют передвигаться по таблице.

ПЗ-80Е

В окне выводятся измеряемые параметры статического электрического поля (рис. 23.6, д):

- СКЗ, Min, Max (кВ/м) – текущее значение проекции вектора напряженности статического электрического поля на плоскость, перпендикулярную оси преобразователя, а также его минимальное и максимальное значения на интервале измерения;
- дБ – в нижней части окна выводятся те же значения, но уже в дБ относительно опорного уровня 10^3 кВ/м.

В последней строке каждого окна выводится длительность измерения и напряжение на аккумуляторах.

Можно последовательно переключать измерительные окна, нажимая на кнопку ОК. Измерительное окно можно также выбрать в настроенном меню.

Примечание. После запуска (СТАРТ) длительность измерений отсчитывается от последнего нажатия на клавишу СБРОС за вычетом того времени, когда прибор находился в состоянии СТОП.

Управление прибором

При измерениях напряженности электрического или магнитного поля преобразователь ПЗ-80-ЕН 500 помещается в исследуемую точку. Прибор производит измерение компоненты вектора напряженности, перпендикулярной плоскости антенны.

Для определения среднеквадратичного значения напряженности линейно-поляризованного поля или для определения проекции напряженности эллиптически поляризованного поля на большую полуось эллипсоида можно медленно изменять ориентацию преобразователя (со скоростью примерно 2 оборота в минуту) и принимать в качестве результата измерений максимальные показания.

Запуск и остановка измерений осуществляются клавишей СТАРТ/СТОП. Клавиша ЗАПИСЬ позволяет записать результат в память. Если клавиша ЗАПИСЬ нажата в состоянии СТАРТ,

то запускается процесс пошаговой мультizaписи. Если клавиша ЗАПИСЬ нажата в состоянии СТОП, то в память записываются только текущие показания.

Методика выполнения прямых однократных измерений модуля напряженности переменных электрических и магнитных полей в диапазоне частот 5 Гц – 400 кГц

Подсоединить антенну к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения. Включить режим ПЗ-80-Н400 для измерения напряженности магнитного поля.

После включения индикаторного блока и цифрового преобразователя и входа в режим измерений необходимо выждать не менее 60 с, прежде чем начинать измерения.

Проконтролировать соблюдение следующих условий:

- не допускается проведение измерений при температуре и влажности воздуха, выходящих за предельные рабочие параметры средств измерений, а также не допускается проведение измерений на улице при наличии атмосферных осадков;

- если измерения проходят в замкнутом пространстве, то в обследуемом помещении при измерениях не должны находиться люди, кроме лица, проводящего измерения;

- напряженность МП и ЭП должна измеряться при отсутствии искажений полей находящимися вблизи обследуемой точки железосодержащими предметами.

Геометрический центр головки антенны поместить в точку измерений:

- если известно направление вектора напряженности переменных МП или ЭП, то антенну следует сориентировать в пространстве так, чтобы вектор напряженности был перпендикулярен плоскости чувствительности головки антенны;

- если направление вектора напряженности переменных МП или ЭП неизвестно, то антенну следует сориентировать в пространстве произвольным образом.

Запустить измерение нажатием на клавишу СТАРТ/СТОП.

Если изначально направление вектора напряженности переменных МП или ЭП неизвестно, то после запуска измерений необходимо нажать на клавишу СБРОС и последовательно выполнить повороты антенны вокруг геометрического центра ее чувствительного элемента (головки) в трех взаимно перпендикулярных плоскостях в пределах 120° .

Снять показания модуля напряженности МП и ЭП на индикаторе ИБ рядом с метками Мах. Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти ИБ в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения, а также индивидуальным примечанием пользователя.

Методика выполнения прямых однократных измерений модуля напряженности электростатического поля

Подсоединить цифровой преобразователь к индикаторному блоку в соответствии со схемами подключения. Включить режим ПЗ-80Е.

После включения индикаторного блока и цифрового преобразователя и входа в режим измерений необходимо выждать не менее 60 с, прежде чем начинать измерения.

Проконтролировать соблюдение следующих условий:

- не допускается проведение измерений при температуре и влажности воздуха, выходящих за предельные рабочие параметры средств измерений;
- напряженность ЭСП должна измеряться при отсутствии искажения полей находящимися вблизи нестационарными поверхностями, имеющими статический электрический заряд.

Геометрический центр головки антенны поместить в точку измерений.

Запустить измерение нажатием на клавишу СТАРТ/СТОП.

Выждать 15 с, снять текущие показания рядом с меткой СКЗ.

Повернуть антенну на 90° в любой плоскости, выждать 15 с, снять текущие показания.

Повернуть антенну на 90° в плоскости, перпендикулярной данной, выждать 15 с, снять текущие показания.

Результаты измерений могут сохраняться в энергонезависимой памяти ИБ в ручном и автоматическом режимах. Каждый набор результатов автоматически маркируется датой и временем сохранения.

Подготовка к проведению измерений

Ознакомиться с устройством прибора.

Составить план (эскиз) размещения рабочих мест пользователей ПЭВМ в помещении.

Занести в табл. 23.3 сведения об оборудовании рабочего места – наименования устройств ПЭВМ, фирм-производителей, моделей.

Установить на экране монитора типичное для данного вида работы изображение (текст, графики и др.).

При проведении измерений должна быть включена вся вычислительная техника и другое используемое для работы электрооборудование, размещенное в данном помещении.

Измерения параметров электростатического поля проводить не ранее чем через 20 мин после включения ПЭВМ.

Проведение измерений

1. Провести измерение уровней переменных электрических и магнитных полей на рабочем месте, оборудованном ПЭВМ, на расстоянии 50 см от ВДТ на высоте 0,5 м, 1,0 м и 1,5 м в точках А1, В1, С1 и D1 (рис. 23.7) с использованием цифрового преобразователя электромагнитного поля ПЗ-80-ЕН 500 в режимах ПЗ-80-Е400 (электрическое поле) и ПЗ-80-Н400 (магнитное поле).

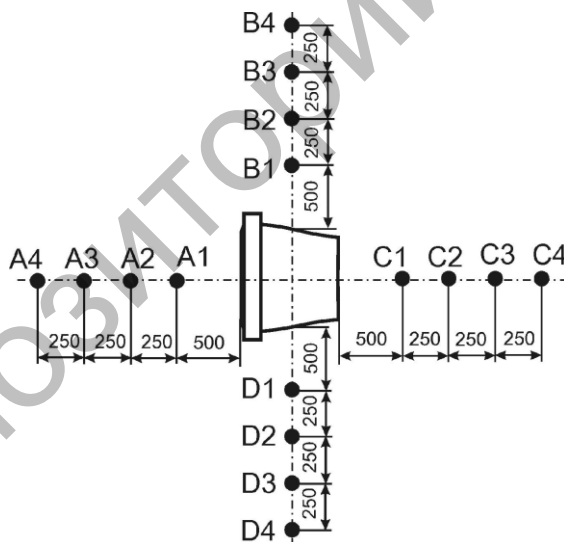


Рис. 23.7. Точки проведения измерений

2. Провести измерение напряженности электростатического поля.
3. Результаты занести в табл. 23.3.

Таблица 23.3

Результаты измерения напряженности электростатического поля

1. Дата проведения измерения: _____
2. Место проведения измерения: _____
3. Сведения об оборудовании: _____
4. Фактическое значение измеряемого параметра: _____

Измеряемый параметр	Значение параметра перед экраном на высоте												Допустимое значение
	0,5 м				1,0 м				1,5 м				
	в точках												
	A1	B1	C1	D1	A1	B1	C1	D1	A1	B1	C1	D1	
Напряженность электрического поля, В/м:													
5 Гц – 2 кГц													
2–400 кГц													
Плотность магнитного потока, нТл:													
5 Гц – 2 кГц													
2–400 кГц													
Напряженность электростатического поля, кВ/м													
Электростатический потенциал экрана, В													

Примечание: 1 Тл = 796 А/м.

4. Рассчитать значение эквивалентного потенциала экрана по формуле

$$U_3 = EL \left[1 + \left(\frac{0,12}{D} \right)^3 \right],$$

где E – напряженность электростатического поля, кВ/м;

L – расстояние от экрана до измерительной пластины, равное 0,1 м;

D – размер экрана по диагонали, м.

5. Сделать вывод о соответствии параметров электростатического и электромагнитных полей нормативным требованиям.

3. Пространственная оценка распределения ЭМП

1. Провести измерение уровней переменных электрических и магнитных полей на рабочем месте, оборудованном ПЭВМ, в точках А1–А4, В1–В4, С1–С4 и D1–D4 (см. рис. 23.7).

2. Результаты занести в табл. 23.4.

Таблица 23.4

Результаты измерения уровней переменных электрических и магнитных полей

Измеряемый параметр	Точки проведения измерений															
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4
Напряженность электрического поля, В/м																
5 Гц – 2 кГц																
2–400 кГц																
Плотность магнитного потока, нТл																
5 Гц – 2 кГц																
2–400 кГц																

3. Зарисовать пространственные диаграммы распределения интенсивности электрических и магнитных полей вокруг дисплея.

4. Сделать вывод о возможности нахождения рабочих мест в непосредственной близости от ВДТ.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Перечислите потенциально возможные вредные факторы ПЭВМ.
2. Назовите причину возникновения электростатического поля вокруг пользователя ПЭВМ.
3. Назовите источники переменных электрических и магнитных полей в ПЭВМ.
4. Какие поля называются фоновыми?
5. Перечислите измерительные приборы, используемые в данной лабораторной работе.
6. Назовите особенности измерения электромагнитных полей ПЭВМ.

Лабораторное занятие № 24

ИЗМЕРЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ КОНТРОЛЕ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

Цель занятия: получить практические навыки работы с многокомпонентным газоанализатором «Полар-2».

Приборы и оборудование: многокомпонентный газоанализатор «Полар-2».

Задачи занятия:

1. Изучить методические указания.
2. Ознакомиться с классификацией и принципами работы газоанализаторов, применяемых для измерения содержания загрязняющих веществ при контроле воздуха рабочей зоны и промышленных выбросов.
3. Ознакомиться с устройством и принципом работы многокомпонентного газоанализатора «Полар-2».
4. Провести контрольные измерения недостатка (избытка) кислорода и содержания горючих и взрывоопасных газов и паров в воздухе рабочей зоны.
5. Подготовить отчет по работе и защитить его у преподавателя.

1. Общие положения

На промышленных предприятиях должен проводиться систематический санитарный контроль качества воздуха на рабочих местах, а также контроль выбросов вредных веществ в окружающую среду. Определение содержания вредных веществ в воздухе является одной из основных задач для обеспечения безопасных условий работы персонала на производстве и экологической безопасности.

Одним из методов решения этой задачи является использование газоанализаторов.

Газоанализатор – прибор для определения количественного и качественного состава воздуха рабочей зоны (газовой смеси) для непрерывного или периодического контроля содержания в нем вредных веществ.

Газоанализаторы являются универсальными приборами, обеспечивающими измерение концентрации контролируемого газа и позволяющими в ряде случаев своевременно оповещать о превышении предельно допустимой концентрации (ПДК) анализируемого компонента с помощью световой и звуковой сигнализации.

В зависимости от **назначения и выполняемых задач** газоанализаторы подразделяются на несколько основных групп:

- газоанализаторы горения для наладки и контроля печей, котлов и топливосжигающих установок;

- газоанализаторы по определению параметров и контролю воздуха рабочей зоны (приборы безопасности) – ALTAIR, GD-70, «Агат-СВ», «Астра-СВ», «Полар-2», «Анкат-7631» и др.;

- газоанализаторы для контроля выбросов в атмосферу и различных технологических процессов – АВП-01, АДГ-210, АНГОР-С, БИНАР-2П, «Полар-2» и др.;

- приборы по контролю выхлопных газов различных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) – «Смог-2», ГИАМ-29М и др.;

- анализаторы для анализа газов в воде и других жидкостях.

Газоанализаторы бывают *автоматическими*, т. е. производящими измерения и все операции, связанные с обработкой результатов измерений, их регистрацией, передачей данных или выработкой управляющего сигнала, без непосредственного участия человека, и *полуавтоматическими* (автоматизированными), т. е. производящими в автоматическом режиме одну или несколько измерительных операций. Кроме того, газоанализаторы подразделяются на газоанализаторы специализированного назначения и универсального назначения. Газоанализаторы *специализированного назначения* имеют ограниченную область применения и предназначены для эксплуатации на объектах определенного типа (типов) с конкретными характеристиками (качественным химическим составом и физическими параметрами анализируемой газовой среды). Газоанализаторы *универсального назначения* имеют широкую область применения без указания типов и характеристик контролируемых объектов и применяются в совокупности с методиками выполнения измерений, разработанными для конкретных измерительных задач.

В зависимости от **условий эксплуатации** для контроля воздуха применяются различные типы газоанализаторов: стационарные, портативные и переносные приборы. К стационарным приборам

могут быть подключены устройства внешней сигнализации с помощью реле типа «сухие контакты».

Стационарные газоанализаторы служат для постоянного мониторинга состава воздуха. Сигнализаторы загазованности фиксируют превышение заданных уровней концентрации по одному или нескольким порогам на каждом канале, выводят световую и звуковую сигнализацию, а также через блоки реле управляют исполнительными устройствами в автоматическом режиме. Таким образом, обеспечивается постоянный контроль воздуха рабочей зоны.

Портативные газоанализаторы для оперативного контроля воздуха рабочей зоны очень удобны в работе, имеют малый вес, могут быть использованы как для контроля воздуха производственных, бытовых помещений, так и для контроля загазованности колодцев, тоннелей, других подземных сооружений, цистерн, баков перед спуском в них людей для производства работ.

Переносные газоанализаторы позволяют осуществлять мониторинг окружающего воздуха в потенциально опасных местах ведения работ, вовремя извещая о достижении предельно допустимых уровней вредных и взрывоопасных газов. Для контроля воздуха рабочей зоны используются газоанализаторы метана, кислорода, угарного газа (CO), углекислого газа (CO_2) и многих других газов в зависимости от специфики производства.

В зависимости от числа датчиков в приборе газоанализатор может быть одноканальным, двухканальным или многоканальным прибором.

Основой любого газоанализатора является измерительный датчик, которым определяется принцип работы газоанализатора. В газоанализаторах используются как встроенные, так и выносные датчики. Различают электрохимические, оптические, оптико-абсорбционные, термокаталитические, термомагнитные, полупроводниковые и другие типы датчиков.

Принципы работы газоанализаторов для контроля промышленных выбросов основаны на электрохимическом, оптическом и пламенно-ионизационном методах.

Пламенно-ионизационный метод в газоанализаторах применяют для измерения содержания углеводородов. Он основан на измерении силы тока, проходящего через детектор газоанализатора при сгорании углеводородов в водородном пламени. К достоинствам данного типа газоанализаторов относится высокая чувстви-

тельность, большой линейный диапазон, высокая селективность по отношению к большинству неорганических примесей. К *недостаткам* относится отсутствие селективности по отношению к органическим соединениям других классов.

Наибольшее применение, благодаря своей универсальности, находят газоанализаторы, принцип действия которых основан на электрохимическом и оптическом методах.

Электрохимические методы подразделяется на кондуктометрический и кулонометрический.

Кондуктометрический метод действия газоанализаторов основан на регистрации изменения электропроводности электролита, возникающей в результате его взаимодействия с анализируемой газовой смесью. Газоанализаторы, действующие на основе этого метода, отличаются высокой чувствительностью, быстродействием, простотой исполнения, портативностью и относительно невысокой ценой. К существенным *недостаткам* газоанализаторов, использующих кондуктометрический метод, относится низкая селективность по отношению к мешающим компонентам и сильная зависимость от параметров внешней среды.

Кулонометрический метод действия газоанализаторов основан на непрерывном автоматическом титровании анализируемого компонента реагентом, постоянно генерируемым за счет электрохимической реакции на одном из электродов ячейки. Сила тока, протекающего через ячейку, пропорциональна содержанию определяемого компонента в анализируемой среде. Газоанализаторы, действующие по этому принципу, также характеризуются высокой чувствительностью, быстродействием, портативностью и относительно невысокой ценой. По своей селективности они превосходят газоанализаторы, работающие по кондуктометрическому принципу. К общим *недостаткам* электрохимических газоанализаторов можно отнести небольшой межповерочный интервал и необходимость периодической замены аналитических ячеек.

В настоящее время среди электрохимических газоанализаторов существует большое разнообразие многокомпонентных приборов, принцип действия которых основан на измерении нескольких соединений, обычно CO , SO_2 , NO и O_2 .

Газоанализаторы, работа которых основана на электрохимических принципах, в основном относятся к газоанализаторам специализированного назначения.

Оптические методы подразделяются на абсорбционные и эмиссионные.

Абсорбционные методы основаны на способности вещества поглощать излучение в узких участках спектра. Газоанализаторы на основе этого метода отличаются значительным многообразием и могут работать в видимой, УФ- и ИК-областях спектра. Кроме того, указанные газоанализаторы различаются по методам регистрации поглощения светового потока, способам выделения длины волны зондирующего излучения и т. п. Газоанализаторы, основанные на абсорбционных методах, обладают хорошей чувствительностью и селективностью, обычно достаточно надежны в эксплуатации. Однако они требуют более квалифицированного персонала и их стоимость выше, чем у электрохимических газоанализаторов.

В основе действия газоанализаторов, работающих по **эмиссионному принципу**, лежит измерение излучения возбужденных молекул анализируемого компонента. В возбужденное состояние молекулы анализируемого компонента могут быть переведены как за счет излучения (флуоресцентные газоанализаторы), так и за счет химических реакций (хемилуминесцентные газоанализаторы). Газоанализаторы, работающие по эмиссионному принципу, обладают в основном теми же достоинствами и недостатками, что и абсорбционные.

Газоанализаторы, работающие на использовании оптических методов, относятся в большинстве случаев к газоанализаторам универсального назначения.

Одним из часто используемых приборов для контроля выбросов в атмосферу и различных технологических процессов и для определения параметров и контроля воздуха рабочей зоны является многокомпонентный газоанализатор «Полар-2».

2. Приборы и оборудование

Малогабаритный переносной многокомпонентный газоанализатор «Полар-2» предназначен для:

– измерения содержания кислорода (O_2), оксида углерода (CO), диоксида углерода (CO_2), оксида азота (NO), диоксида азота (NO_2), сернистого ангидрида (SO_2), аммиака (NH_3) и сероводорода (H_2S) в воздухе рабочей зоны;

– измерения дозврывоопасных концентраций углеводородов по пропану (C_3H_8), метану (CH_4) или гексану (C_6H_{14}) в воздухе взрывоопасных зон;

– выдачи световой и звуковой сигнализации при превышении измеряемой величиной установленных пороговых значений.

Конструктивно газоанализатор «Полар-2» (рис. 24.1) выполнен в прочном пластиковом корпусе, состоящем из двух частей: верхней и нижней. В верхней разборной части корпуса располагается измерительный блок прибора (БИ), в нижней – блок питания (БП) с аккумуляторной батареей. На лицевую панель прибора выведены дисплей 1, клавиатура 2, устройства сигнализации 3 и штуцер входа газа 4.



Рис. 24.1. Газоанализатор «Полар-2»:

1 – дисплей; 2 – клавиатура;

3 – устройства сигнализации; 4 – штуцер входа газа

Измерительная информация отображается на жидкокристаллическом графическом дисплее, оснащенный подсветкой. Электропитание газоанализатора может осуществляться как от встроенного аккумулятора, так и от сети переменного напряжения 230 В/50 Гц. Отбор проб выполняется с помощью встроенного пробоотборного насоса.

На правую боковую поверхность корпуса газоанализатора выведены выходное отверстие линии сброса проанализированного газа и разъем, предназначенный для подключения прибора к компьютеру для передачи данных.

В нижнюю часть корпуса выведен штекерный электрический разъем, предназначенный для подключения прибора к сети.

В состав прибора кроме непосредственно газоанализатора входят телескопический пробоотборный зонд (рис. 24.2) и принтер для печати результатов измерений.



Рис. 24.2. Телескопический пробоотборный зонд

Структурно-функциональная схема прибора представлена на рис. 24.3.

Принцип действия газоанализатора основан на применении комплекта измерительных преобразователей различных типов:

– электрохимических датчиков для измерения содержания кислорода (O_2), оксида углерода (CO), оксида азота (NO), диоксида азота (NO_2), сернистого ангидрида (SO_2), сероводорода (H_2S) и аммиака (NH_3);

– ИК-оптических датчиков для измерения диоксида углерода (CO_2) и углеводородов по метану (CH_4), пропану (C_3H_8) или гексану (C_6H_{14}).

Функционирует прибор следующим образом:

1. Разъем телескопического пробоотборного зонда подключается к входному штуцеру прибора.

2. Поток анализируемой газовой пробы поступает в прибор через входной штуцер (телескопический пробоотборный зонд) и внешний фильтр очистки.

3. Пройдя через внутренний фильтр очистки, проба направляется в блок измерительных газовых датчиков, где подвергается анализу, после чего выводится из газоанализатора через отверстие сброса, расположенное на правой боковой поверхности прибора.

4. Газовые датчики под воздействием анализируемых компонентов изменяют свои свойства и вырабатывают выходные электрические сигналы, пропорциональные концентрациям измеряемых газов.

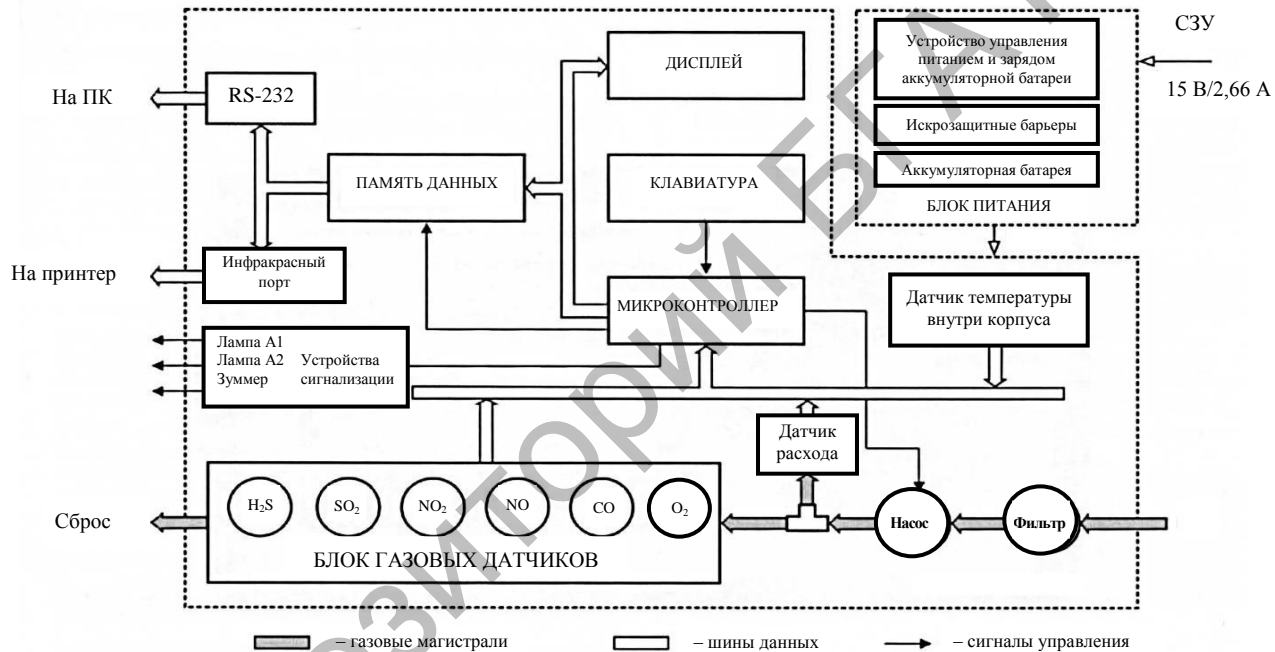


Рис. 24.3. Структурно-функциональная схема газоанализатора «Полар-2»

5. Сигналы со всех датчиков поступают в управляющий микроконтроллер, где преобразуются и обрабатываются.

6. Вычисленные микроконтроллером результаты отображаются на дисплее.

В случае превышения концентрацией какого-либо определяемого компонента установленного порогового значения срабатывает сигнализация (звуковая и световая).

3. Подготовка и проведение измерений

1. Ознакомиться с устройством прибора.

2. Разъем телескопического пробоотборного зонда подключить к входному штуцеру прибора.

3. Включить прибор.

4. Перейти в меню «Режим работы» прибора (насос-пробоотборник автоматически осуществляет забор пробы воздуха рабочей зоны).

5. После начала измерений, если в анализируемой газовой среде присутствуют определяемые прибором компоненты, показания на дисплее газоанализатора станут меняться – начнется переходный процесс, который будет длиться 30–60 с. Только по завершении переходного процесса и стабилизации показаний результаты могут считаться достоверными.

6. Провести измерения не менее чем для 3 проб, соблюдая интервал между измерениями не менее 20 мин.

7. Результаты измерений занести в таблицу.

Таблица

Результаты измерений контроля состава воздуха рабочей зоны

Номер исследуемой пробы воздуха	Концентрация исследуемого газа в воздухе, мг/м ³ , или объемная доля, %					
	CO	NO	NO ₂	SO ₂	H ₂ S	NH ₃
1						
2						
3						
ПДК, мг/м ³						

8. Сравнить полученные значения с ПДК (предельно допустимой концентрацией) содержания анализируемых газов в воздухе рабочей зоны (прилож. 3).

9. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы по теме занятия

1. Каково назначение газоанализаторов? Как они классифицируются?
2. Каковы особенности газоанализаторов, работающих по пламенно-ионизационному методу?
3. На чем основан кондуктометрический метод действия газоанализаторов?
4. Назовите основные недостатки газоанализаторов, использующих кулонометрический метод.
5. Что лежит в основе принципа действия газоанализаторов, работающих по эмиссионному принципу?
6. В чем состоит принцип действия портативного многокомпонентного газоанализатора «Полар-2»?
7. Изложите порядок и особенности проведения измерений газоанализатором «Полар-2».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андруш, В. Г. Охрана труда : учебно-методический комплекс / В. Г. Андруш, А. И. Федорчук, Л. В. Мисун. – Минск : БГАТУ, 2010. – 292 с.

2. Вибрационная безопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.012–2004. – Взамен ГОСТ 12.1.012–2004 ; введ. 01.08.2009 г. – М. : Издательство стандартов, 2009. – 20 с.

3. Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Общие требования : ТКП 538–2014 (02150). – Введ. 2014-09-01. – Минск : Минсельхозпрод, 2014. – 45 с.

4. Кабины и рабочие места операторов тракторов, самоходные сельскохозяйственные машины. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.120–2015. – Введ. 2017-07-01. – Минск : Госстандарт, 2017. – 16 с.

5. Машины для орошения. Общие требования безопасности : ГОСТ 32617–2014. – Введ. 2016-06-01. – Минск : Госстандарт, 2017. – 24 с.

6. Машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Косилки междурядные. Требования безопасности : ГОСТ EN 13448–2012. – Введ. 2016-08-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 20 с.

7. Машины и технологическое оборудование для животноводства и кормопроизводства. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.042–2013. – Взамен ГОСТ 12.2.042–91 ; введ. 2016-04-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 28 с.

8. Машины сельскохозяйственные. Машины для уборки картофеля. Требования безопасности : ГОСТ EN 13118–2012. – Введ. 2014-07-01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 41 с.

9. Машины сельскохозяйственные. Машины для уборки сахарной и кормовой свеклы. Требования безопасности : ГОСТ EN 13140–2012. – Введ. 2016-04-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 32 с.

10. Машины сельскохозяйственные. Оборудование погрузочное фронтальное. Требования безопасности : ГОСТ EN 12525–2012. – Введ. 2016-04-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 24 с.

11. Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 1. Общие требования : ГОСТ ISO 4254-1–2013. – Введ. 2014-03-01. – Минск : Госстандарт, 2013. – 40 с.

12. Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 6. Опрыскиватели и машины для внесения жидких удобрений :

ГОСТ ISO 4254-6–2016. – Введ. 2016-08-01. – М. : Госстандарт, 2016. – 40 с.

13. Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 8. Машины для внесения твердых удобрений : ГОСТ ISO 4254-8–2013. – Введ. 2015-01-01. – М. : Стандартиформ, 2014. – 18 с.

14. Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 9. Сеялки : ГОСТ ISO 4254-9–2016. – Введ. 2016-09-01. – М. : Госстандарт, 2016. – 24 с.

15. Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 10. Барабанные сеноворошилки и грабли : ГОСТ ISO 4254-10–2013. – Введ. 2016-03-01. – М. : Госстандарт, 2016. – 36 с.

16. Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 11. Пресс-подборщики : ГОСТ ISO 4254-11–2013. – Введ. 2015-01-01. – М. : Стандартиформ, 2014. – 18 с.

17. Машины сельскохозяйственные навесные и прицепные. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.111–85. – Введ. 1987-01-01 ; изменен 2006-01-01. – Минск : Госстандарт, 2006. – 13 с.

18. Машины сельскохозяйственные самоходные. Методы определения вибрационных и шумовых характеристик : ГОСТ 12.4.095–80. – Взамен ГОСТ 16529–70 ; введ. 1981-07-01. – Минск : Госстандарт, 2003. – 12 с.

19. Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций : ТКП 336–2011 (02230). – Введ. 2011-08-12. – Минск : Минэнерго, 2011. – 165 с.

20. Об утверждении Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 02.08.2010 № 104 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL: <http://minzdrav.gov.by>. – Дата обращения: 31.10.2017.

21. Об утверждении Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к организации технологических процессов и производственному оборудованию» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 13.07.2010 № 93 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL: <http://minzdrav.gov.by>. – Дата обращения: 31.10.2017.

22. Об утверждении Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.12.2008 № 240 : в ред. постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 19.11.2009 № 124 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL: <http://minzdrav.gov.by>. – Дата обращения: 31.10.2017.

23. Об утверждении Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.11.2011 № 115 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL: <http://minzdrav.gov.by>. – Дата обращения: 14.10.2017.

24. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами», Гигиенического норматива «Предельно-допустимые уровни нормируемых параметров при работах с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.06.2013 № 59 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL: <http://minzdrav.gov.by>. – Дата обращения: 31.10.2017.

25. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны : ГОСТ 12.1.005–88. – Взамен ГОСТ 12.1.005–76 ; введ. 01.01.1989. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 52 с.

26. Охрана труда в АПК : практикум / В. Г. Андруш [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2013. – 248 с.

27. Правила по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов : постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 28.06.2012 № 37 // Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. Центр правовой информ. Республики Беларусь. – URL: <http://pravo.by>. – Дата обращения: 31.10.2017.

28. Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках : ТКП 290–2010 (02230). – Введ. 2010-12-10. – Минск : Минэнерго, 2010. – 108 с.

29. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок : ТКП 427–2012 (02230). – Введ. 2012-11-28. – Минск : Минэнерго, 2012. – 148 с.

30. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности : ГОСТ 12.2.002–91. – Введ. 1992-07-01 ; изменен 2015-11-01. – Минск : Госстандарт, 2011. – 53 с.

31. Тракторы для сельского и лесного хозяйства. Безопасность. Часть 1. Тракторы стандартные : ГОСТ ISO 26322-1–2012. – Введ. 2016-04-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 19 с.

32. Тракторы для сельского и лесного хозяйства. Безопасность. Часть 2. Узкоколейные и малые тракторы : ГОСТ ISO 26322-2–2012. – Введ. 2016-04-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 11 с.

33. Тракторы и машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Валы отбора мощности (ВОМ), карданные валы и защитные ограждения. Требования безопасности : ГОСТ EN 12965–2012. – Введ. 2016-08-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 22 с.

34. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Метод определения обзорности с рабочего места оператора : ГОСТ 12.2.002.4–91. – Введ. 1992-07-01. – Минск : Госстандарт, 2001. – 12 с.

35. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Метод определения характеристик систем обогрева и микроклимата на рабочем месте оператора в холодный период года : ГОСТ 12.2.002.5–91. – Введ. 1992-07-01. – Минск : Госстандарт, 1992. – 12 с.

36. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.019–2015. – Взамен ГОСТ 12.2.019–2005. – Минск : Госстандарт, 2017. – 18 с.

37. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Органы управления оператора. Усилия приведения в действие, перемещение, расположение и метод управления : ГОСТ ISO 15077–2014. – Введ. 2016-01-01. – Минск : Госстандарт, 2015. – 19 с.

38. Тракторы промышленные. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.121–2013. – Введ. 2016-04-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 16 с.

39. Тракторы сельскохозяйственные. Шум на рабочем месте оператора. Методы и условия измерений : ГОСТ Р 53490–2009 (ИСО 5131:1996). – Введ. 2016-01-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 15 с.

40. Федорчук, А. И. Снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в АПК / А. И. Федорчук, В. Г. Андруш. – Минск : БГАТУ, 2012. – 257 с.

41. Электробезопасность : учебное пособие / А. И. Федорчук [и др.] ; под общ. ред. А. И. Федорчука. – Минск : БГАТУ, 2012. – 197 с.

42. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля : ГОСТ 12.1.006–84. – Введ. 1986-01-01. – Минск : Госстандарт, 2008. – 8 с.

43. Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током : ГОСТ 30331.3–95. – Введ. 2006-09-01. – Минск : Госстандарт, 2008. – 20 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Индикаторные трубки для газового анализа к аспираторам

Определяемое вещество	Диапазон измеряемых концентраций, % об.	Количество в упаковке, шт.	Срок годности, месяцев
Оксид углерода CO	0,0005–0,025	24	36
	0,005–0,25		
Оксид углерода CO	0,25–5,0	24	36
Диоксид углерода CO ₂	0,25–2,0	24	24
	1,0–15,0	24	24
	5,0–50,0	12	24
Формальдегид CH ₂ O	0,00002–0,0002	18	24
	0,00004–0,0004		
Диоксид серы SO ₂	0,0002–0,007	24	12
Окислы азота NO + NO ₂	0,0001–0,005	24	12
Сероводород H ₂ S	0,00033–0,0066	24	36
Кислород O ₂	1,0–21,0	10	24
Трубка ТП	–	24	–

Примечание: наружный диаметр трубки – (6,9 ± 0,10) мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1

**Канат двойной свивки типа ЛК-О
конструкции 6×19 (1 + 9 + 9) + 1 о. с. (ГОСТ 3077–80)**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм ²)			
		1372 (140)	1568 (160)	1666 (170)	1764 (180)
		Разрывное усилие каната в целом F ₀ , кН			
12,0	54,07	–	72,0	76,5	78,9
13,0	60,94	–	81,1	86,2	88,7
14,0	73,36	–	97,8	103,5	106,5
15,0	86,95	–	115,5	122,5	126,5
16,5	101,68	118,0	135,0	143,5	147,5
17,5	117,58	136,5	156,0	166,0	171,5
19,5	139,69	162,5	183,0	197,0	203,5
20,5	158,19	184,0	210,5	223,5	230,5
22,0	177,85	207,0	236,5	251,0	259,0
23,0	198,67	231,0	264,5	281,0	289,5
25,5	243,76	284,0	324,5	344,5	355,5
28,0	293,48	342,0	391,0	415,5	428,0
30,5	347,82	405,0	463,5	492,0	507,5
32,5	406,76	474,0	541,5	575,5	593,0
35,0	470,34	548,0	626,5	665,5	686,0

Таблица 2

**Канат двойной свивки типа ЛК-О
конструкции 6×19 (1 + 9 + 9) + 7×7 (1 + 6) (ГОСТ 3081–80)**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм ²)			
		1372 (140)	1568 (160)	1666 (170)	1764 (180)
		Разрывное усилие каната в целом F ₀ , кН			
1	2	3	4	5	6
10,0	45,94	–	62,5	66,4	68,4
11,5	57,72	–	78,5	83,4	86,0
12,5	70,85	–	96,5	102,0	105,5
14,0	85,32	–	116,0	123,0	127,0
15,0	101,15	–	137,0	146,0	150,5
16,5	118,32	–	160,0	170,5	176,0

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
17,5	136,84	162,5	186,0	197,5	203,5
19,0	161,76	192,0	219,5	233,5	240,5
20,5	183,28	218,0	245,0	264,5	272,5
21,5	206,14	245,0	280,0	297,5	307,0
22,5	230,35	274,0	315,0	332,5	343,0
25,0	279,03	332,0	374,0	403,0	415,5
27,0	336,50	400,0	453,5	486,0	501,0
29,5	399,36	475,0	546,0	577,0	594,5
31,5	463,56	551,5	640,0	669,5	690,0

Таблица 3

**Канат двойной свивки типа ЛК-Р
конструкции 6×19 (1 + 6 + 6/6) + 1 о. с. (ГОСТ 2688–80)**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм ²)			
		1372 (140)	1568 (160)	1666 (170)	1764 (180)
		Разрывное усилие каната в целом F ₀ , кН			
11,0	47,19	–	62,9	66,8	68,6
12,0	53,87	–	71,8	76,2	78,6
13,0	61,00	71,1	81,3	86,3	89,0
14,0	74,40	86,7	99,0	105,0	108,0
15,0	86,28	100,0	114,5	122,0	125,5
16,5	104,61	121,5	139,0	147,5	152,0
18,0	124,73	145,0	163,0	176,0	181,5
19,5	143,61	167,0	191,0	203,0	209,0
21,0	167,03	194,5	222,0	236,0	243,5
22,5	188,78	220,0	251,0	267,0	275,5
24,0	215,49	250,5	287,0	304,5	314,0
25,0	244,00	284,0	324,5	345,0	355,5
27,0	274,31	319,0	365,0	388,0	399,5
30,5	356,72	415,5	475,0	504,5	520,0
32,0	393,06	458,0	523,5	556,0	573,0
33,5	431,18	502,5	574,0	610,5	629,0
37,0	512,79	597,0	683,0	725,0	748,0
39,5	586,59	684,0	781,5	828,0	856,0
42,0	668,12	779,0	890,0	945,0	975,0

Таблица 4

**Канат двойной свивки типа ЛК-3
конструкции 6×25 (1 + 6; 6 + 12) + 1 о. с. (ГОСТ 7665–80)**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм ²)			
		1372 (140)	1568 (160)	1666 (170)	1764 (180)
		Разрывное усилие каната в целом F ₀ , кН			
11,5	47,12	54,9	62,7	66,7	68,9
13,0	61,38	71,5	81,8	86,6	89,5
14,5	77,50	93,5	102,5	109,0	113,0
16,0	95,58	110,5	126,5	134,5	139,5
17,5	115,72	134,5	153,5	163,5	169,0
19,5	137,81	160,0	183,0	194,5	201,0
21,0	161,81	188,5	215,0	228,5	236,5
22,5	188,50	219,0	250,5	266,5	275,0
24,0	216,42	251,5	288,0	305,5	316,5
25,5	246,27	286,5	327,5	348,0	360,0
27,5	278,10	323,5	369,5	393,0	406,5
29,0	311,77	363,0	415,0	441,0	456,0
32,0	382,52	445,5	509,5	541,0	559,5
35,5	463,20	539,0	616,5	655,0	677,5
38,5	548,71	639,0	730,5	776,5	795,0

Таблица 5

**Канат двойной свивки типа ЛК-РО
конструкции 6×36 (1 + 7 + 7/7 + 14) + 1 о. с. (ГОСТ 7668–80)**

Диаметр каната, мм	Расчетная площадь сечения всех проволок, мм ²	Маркировочная группа, МПа (кгс/мм ²)			
		1372 (140)	1568 (160)	1666 (170)	1764 (180)
		Разрывное усилие каната в целом F ₀ , кН			
1	2	3	4	5	6
11,5	51,96	–	66,8	71,0	75,1
13,5	70,55	–	90,7	96,3	101,5
15,0	82,16	–	104,5	111,5	116,5
16,5	105,73	–	135,5	144,0	150,0
18,0	125,78	–	161,5	171,5	175,5
20,0	153,99	–	197,5	210,0	215,0
22,0	185,10	207,5	237,5	252,5	258,5
23,5	215,94	242,5	277,0	294,0	304,0
25,5	252,46	283,5	324,0	344,0	352,5

Окончание таблицы 5

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
27,0	283,79	318,5	364,5	387,5	396,5
29,0	325,42	366,0	417,5	444,0	454,5
31,0	369,97	416,0	475,0	505,0	517,0
33,0	420,96	473,0	540,5	574,5	588,8
34,5	461,07	518,0	592,0	629,5	644,5
36,5	503,09	565,5	646,0	686,5	703,5
39,5	615,95	692,5	791,5	841,0	861,0
42,0	683,68	768,5	878,5	933,5	955,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Вещества	Величина, мг/м ³	Класс опасности
1. Ангидрид сернистый (SO ₂)	10	3
2. Ацетон (CH ₃ COCH ₃)	200	4
3. Аммиак (NH ₃)	20	4
4. Бензин (растворитель топливный) (СН)	100	4
5. Бензол (C ₆ H ₆)	15/5	2
6. Оксид углерода (СО)	20	4
7. Диоксид углерода (СО ₂)	27 000/9000	4
8. Керосин (С _n Н _n)	300	4
9. Кислота соляная (HCl)	5	2
10. Кислота серная (H ₂ SO ₄)	1	2
11. Сероводород (H ₂ S)	10	2
12. Сероуглерод (CS ₂)	1	3
13. Металлическая ртуть (Hg)	0,01/0,0015	1
14. Азота оксиды (NO)	5	3
15. Диоксид азота (NO ₂)	2	3
16. Метан (CH ₄)	7000	4
17. Пропан (C ₃ H ₈)	7	3
18. Гексан (C ₆ H ₁₄)	10	3

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Репозиторий БГАТУ

Учебное издание

Андруш Виталий Григорьевич,
Кот Татьяна Петровна,
Абметко Оксана Викторовна

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В АПК.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебное пособие

Ответственный за выпуск *В. Г. Андруш*
Редактор *Д. А. Значёнок*
Корректор *Д. А. Значёнок*
Компьютерная верстка *Д. А. Значёнок*
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 02.04.2019. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 17,90. Уч.-изд. л. 14,0. Тираж 98 экз. Заказ 50.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.