

# ЭЭ ЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТАНЦИИ

ВОЛОГДСКАЯ  
ОБЛАСТНАЯ  
БИБЛИОТЕКА

12



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

1951

# ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

# 12

ДЕКАБРЬ  
1951

Орган Министерства электростанций СССР

22-й ГОД ИЗДАНИЯ

## СОДЕРЖАНИЕ

Передовая—Снижение стоимости строительства электростанций — важнейшая народнохозяйственная задача . . . . .	3
М. М. Зэйцев, Е. Н. Теверовский и Ф. А. Широков — Батарейные циклоны с элементами нового типа . . . . .	6
М. А. Альперович и В. Н. Ужов — Эксплуатационная проверка батарейного циклона с элементами нового типа . . . . .	10
Ф. З. Долкерт и Л. А. Цейтлин — Повышенные стойкости огнеупорной обмуровки . . . . .	12
М. А. Стырикович — О применении ступенчатого испарения при питании котлов конденсатом . . . . .	18
Б. Л. Кутман и Д. К. Миронов — Опыт автоматизации пылесистем . . . . .	21
А. А. Кот — Унос кремниевой кислоты паром высокого давления . . . . .	24
В. К. Ткаченко, Л. А. Чернова и Г. К. Шурышкина — Обескремнивание воды каустическим магнезитом . . . . .	26
К. Н. Боголюбский — Железобетонные пасынки для линий электропередачи . . . . .	29
Г. Е. Хромченко — Механизация работ по прокладке кабелей . . . . .	31
В. Н. Звездкин и Г. Б. Израелит — Испытания изоляции крупных электрических машин . . . . .	35
С. П. Микульчик — Об испытаниях изоляции электрических машин . . . . .	38
Т. П. Мусатов — О снижении потерь в электрических сетях . . . . .	39
Н. М. Шипов — Учет потерь в электрических сетях . . . . .	42
А. И. Понедилко — Учет потерь в сетях по амперметрам . . . . .	43

## СБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

В. С. Коклик — Упрощенная машина для испытания на разрыв сварных образцов . . . . .	45
Г. С. Дуткин — Переход линии электропередачи 110 кв через реку . . . . .	46
И. И. Бендерский — Приготовление очистителя ацетилена . . . . .	47
В. В. Скворцов — Железобетонные сваи под опоры линий электропередачи . . . . .	48

## ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ

Н. Ф. Рысаков — Двухступенчатое испарение с односторонним соленным отсеком . . . . .	49
И. Р. Баженов — Опыт эксплуатации шаровой барабанной мельницы 287/430 . . . . .	51
А. В. Лезаков — Повышение температуры перегрева пара в котлоагрегатах с мазутной топкой . . . . .	51
В. С. Пулко — Устранение присосов сырой воды в конденсаторах турбин . . . . .	52
К. Ф. Гагнидзе и Г. Н. Тер-Газарян — Работа линии электропередачи в несимметричном режиме . . . . .	52
Ф. Ф. Дерюгин — Подстанции с автоматическими закорачивающими разъединителями . . . . .	53
П. В. Терников — Стальные кабельные муфты . . . . .	55
Д. И. Бочкарев — Источник питания мегомметра при снятии кривых абсорбции . . . . .	56

## ХРОНИКА

В техническом управлении Министерства Об определении необходимости сушки трансформаторов . . . . .	57
Содержание журнала „Электрические станции“ за 1951 г. . . . .	58



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. А. Боровой, П. Г. Грудинский, К. Д. Лаврененко, С. Г. Мхитарян, В. А. Попов,  
Б. М. Соколов, И. А. Сыромятников, С. Ц. Фаерман, Д. Г. Чижов

Главный редактор Д. Г. Чижов

## СНИЖЕНИЕ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ—ВАЖНЕЙШАЯ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЗАДАЧА

В год успешного завершения послевоенной пятилетки по инициативе Иосифа Виссарионовича Сталина Советское правительство приняло историческое решение по развертыванию великих строек коммунизма — грандиозных гидротехнических сооружений на Волге, Днепре и Аму-Дарье. Наряду с этими сооружениями осуществляется план строительства сотен крупных и мелких электростанций, линий электропередачи и электроподстанций. В различных районах Советского Союза создаются мощные энергетические базы.

Выполнение этой величайшей программы строительства требует громадных капиталовложений, основой которых является непрерывно растущее социалистическое накопление. Важнейшим источником внутрипромышленных накоплений, направляемых на расширение социалистического воспроизводства, должно служить снижение себестоимости промышленной продукции и капитального строительства. Поэтому соблюдение режима экономии и борьба за систематическое снижение стоимости работ в капитальном строительстве является важнейшей народнохозяйственной задачей.

Из года в год также резко увеличиваются объемы капиталовложений в строительство, осуществляемые Министерством электростанций. За 9 мес. 1951 г. освоен больший объем капиталовложений, чем за 1946 и 1947 гг. вместе взятые.

Выполнение все возрастающих объемов работ требует напряженного труда коллектива строителей-энергетиков, затрат большого количества разнообразных материалов, применения мощного парка строительных механизмов и транспортных средств.

Правильное использование всех этих ресурсов является важнейшей задачей строителей энергетики и в первую очередь должно обеспечить снижение стоимости строительного-монтажных работ.

В 1950 и 1951 гг. на строительствах энергетических объектов проведен ряд серьезных мероприятий, направленных на улучшение организации строительства, внедрение индустриальных методов работ, экономию материалов и повышение производительности труда. Для нужд строи-

тельства разработаны типовые экономичные проекты различных сооружений временного типа; широко внедряются комплектные, заводского изготовления сборные бетонные заводы, передвижные паровые котельные, электрические подстанции и другие временные сооружения.

Строители электростанций получили большой парк современных строительных и монтажных механизмов. Среди них высокопроизводительные экскаваторы, бульдозеры, скреперы, различные краны, мощные землесосные снаряды, широко применяющиеся в гидротехническом строительстве, и другие машины, обеспечивающие механизацию почти всех основных трудоемких строительных процессов.

В 1951 г. значительно улучшилась организация труда, что обеспечило перевыполнение плана по выработке на одного рабочего на 13,2%.

Повышение производительности труда, широкое внедрение механизации трудоемких работ и индустриальных методов строительства значительно сократили потребность в рабочей силе, что дало возможность в свою очередь сократить расходы по коммунальным и прочим услугам и по многим другим статьям расходов строительства.

Проведенные мероприятия обеспечили некоторое снижение стоимости строительного-монтажных работ. В целом по Министерству электростанций за 8 мес. 1951 г. стоимость строительства снизилась на 11% и за август — на 14% против фактической стоимости за тот же период 1950 г., однако она продолжает оставаться все еще выше плановой.

Передовые строительные организации Министерства значительно улучшили свою работу и добились в 1951 г. снижения фактической стоимости выполненных работ по сравнению с плановой. Например, строительство Калининской тэц в 1951 г. дало экономию против плановой стоимости более 4,0% за счет соблюдения жесткого режима экономии, установления ответственности за рентабельную работу всех низовых производственных звеньев, бережного и экономного расходования материальных ценностей.

Неудовлетворительно выполняют план снижения себестоимости подрядные строительные организации. Так, за 8 мес. текущего года допустили

удорожание работ против плана: Главэнергострой — на 14,8%, Главуралэнергострой — на 14,0%, Главэлектросетьстрой — на 10,9%.

Особенно высока стоимость строительных работ, превышающая сметную в среднем по Министерству более чем на 5%, причем это превышение по основным материалам составляет до 6%, по транспортным и прочим прямым расходам — до 12% и по накладным расходам — более 22%.

Анализ себестоимости строительного-монтажных работ показывает, что основной причиной удорожания по затратам на основные материалы является значительный перерасход их против нормативов. Так, например, по 11 строительствам Главэнергострой на выполненные в 1951 г. объемы работ перерасходовано материалов против технических норм на 3,46%. За первое полугодие 1951 г. только на одном из строительствах треста Сибэнергострой перерасходовано материалов против технических норм на 3,94%, в том числе лесоматериалов 2 008 м<sup>3</sup> и цемента 352 т. На строительствах Главуралэнергострой за то же время перерасходовано цемента 2 415 т и леса 3 619 м<sup>3</sup>, а по тресту Мосэнергострой цемента 1 811 т и леса 2 708 м<sup>3</sup>.

Строительные площадки не выполняют технических правил по экономии материалов в строительстве. Несмотря на запрещение, многие стройки применяют в большом количестве коренные леса, подмости, стремянки; затраченные для этих целей лесоматериалы практически не оборачиваются. Одна из крупнейших строек Главуралэнергострой в 1950 г. израсходовала на эти цели более 6 тыс. м<sup>3</sup> леса, причем инвентарные леса и подмости на этом строительстве совершенно отсутствовали.

На ряде строек продолжает применяться стационарная опалубка вместо инвентарной щитовой, обеспечивающей многократную оборачиваемость лесоматериалов. При проверке некоторых строительства установлено, что после использования опалубки или коренных лесов и подмостей лесоматериал употреблялся на второстепенные нужды или на топливо.

Удорожание стоимости леса вызывается также тем, что строительства, получая в основном круглый лес, вынуждены перерабатывать его на мелких лесопильных заводах, не обеспечивающих, как правило, установленных нормативов выхода полезной древесины. Отходы мелких лесопильных заводов чаще всего не перерабатываются и не используются для строительных нужд.

Перерасход цемента на многих стройках является следствием применения некондиционных заполнителей. По этой причине на одной из строек Главуралэнергострой перерасход цемента составил 30%.

В значительных размерах применяется цемент взамен извести для внутренней штукатурки; на многих стройках бутовая, кирпичная и шлакоблочная кладки производятся на цементном растворе. Это объясняется отчасти тем, что получение извести иногда связано со значительными трудностями, а стоимость ее нередко выше цемента.

Допускаются большие потери цемента при хранении в непригодных помещениях, при

погрузках и разгрузках его ручным способом. Имеют место случаи, когда высокомарочные цементы смешиваются с низкомарочными и расходуются как низкомарочные, что приводит к значительным неоправданным перерасходам и удорожает стоимость работ.

Проектные организации в рабочих чертежах применяют чрезмерно большое количество профилей и размеров металла как в железобетонных, так и в металлических конструкциях. При этом отдельные сорта металла предусматриваются в таких малых количествах, что получение их практически невозможно, поэтому на стройплощадках часто прибегают к замене недостающего металла более тяжелыми профилями без надлежащего пересчета; тем самым допускаются перерасход металла и увеличение стоимости работ.

Металлургическая промышленность часто не выполняет условий поставки труб и металлопроката по заявкам строительства. Трубы, например, поставляются с утолщенными стенками, размеры которых превышают проектные, что приводит к перерасходу металла. За 1950 г. по этой причине было перерасходовано на всех монтажных площадках суммарно до 875 т труб.

Строительные организации мало применяют при производстве железобетонных работ в целях экономии металла арматурную горячекатаную сталь периодического профиля, рулонные сетки и холоднотянутую проволоку. Арматура периодического профиля часто ставится взамен обычной, без пересчета, чем исключается экономия металла.

В процессе строительства нередки случаи резкого изменения предусмотренной проектом схемы завоза местных материалов и прикрепления строительства к поставщикам фондируемых материалов, со значительным увеличением дальности перевозок. В результате строительства терпят большие убытки из-за увеличения стоимости перевозок. По четырем проверенным строительствам из-за изменения схемы завоза по 7—10 видам материала удорожание строительного-монтажных работ за первое полугодие 1951 г. составило 2,13% к сметной стоимости.

Нарушение утвержденных проектов организации работ имеет место и в порядке складирования и выбора мест разгрузки поступающих на стройку материалов. В результате беспорядочного ведения складского хозяйства материалы подвергаются многократным излишним внутрипостроечным перевозкам и перегрузкам. Стоимость этих дополнительных операций превышает зачатую первоначальную стоимость материалов.

Внедрение индустриальных методов в строительстве потребовало создания большого количества подсобных производств для изготовления металлоконструкций, стеновых материалов, столбчатых изделий, сборных железобетонных конструкций и других видов продукции и полуфабрикатов строительной промышленности.

Однако многие из существующих подсобных предприятий, — мелкие, недостаточно механизированные, с неорганизованной технологией производства, имеют чрезвычайно высокую себестоимость продукции, что приносит значительные убытки строительства, использующим эту про-

дукцию. По ряду строительных удорожание строительно-монтажных работ по этой причине за первое полугодие 1951 г. составило в среднем 4,5% к сметной стоимости.

Необходимо принять меры к ликвидации или укрупнению этих мелких малорентабельных предприятий. Более крупные подсобные предприятия, переросшие по своим производственным возможностям нужды отдельных строек, в целях внедрения хозрасчета и снижения стоимости продукции следует перевести на промышленный баланс.

Использование механизмов на ряде строительных продолжает оставаться недостаточным. Особенно неудовлетворительно выполняются нормы по экскаваторам по Главуралэнергострою (63,8%), Главвостокгидроэнергострою (71,9%) и Главэнергострою (79,7%).

Все еще значительны потери рабочего времени при эксплуатации механизмов. Проверкой по 22 механизмам на 9 стройках установлена потеря до 38% рабочего времени. Недоиспользование механизмов помимо применения ручного труда и перерасхода фонда заработной платы влечет за собой перерасход по их содержанию, так как большие постоянные затраты по содержанию машин, удельный вес которых достигает 50—75% стоимости машино-смен, не оправдывается полезной работой. По этой причине перерасходы по эксплуатации строительных механизмов за 8 мес. 1951 г. составляют по Главэнергострою 8%, тресту «Мосэнергострой» 30% и Мосэнергожилстрою 41% к сметной стоимости.

К значительному удорожанию работ приводит неудовлетворительное использование основного вида транспорта — автомобильного парка. На строительстве гидроэлектростанции в Молотовской области большой парк самосвалов используется в одну смену, коэффициент использования автомашин составляет 0,52 при плане 0,6; план грузооборота не выполняется, перерасход горючего достигает 8,5%.

За 8 мес. 1951 г. допущено удорожание строительно-монтажных работ на 1,75% за счет непроизводительных затрат, являющихся следствием бесхозяйственности на ряде строек и невыполнения договорных обязательств в срок. Имеют место выплаты значительных штрафов за простои вагонов, пени за несвоевременную оплату счетов поставщикам и т. п.

Чтобы обеспечить выполнение плана снижения себестоимости строительства и покрыть допущенные перерасходы необходимо принять решительные меры.

В борьбе за снижение стоимости строительства важнейшим мероприятием является широкое внедрение внутристроечного хозяйственного расчета, обеспечивающего строгое соблюдение режима экономии и усиление борьбы всего коллектива строительства за снижение стоимости. Необходимо изучить положительный опыт передовых строек, внедривших внутристроечный хозрасчет, и распространить его на другие строительств.

Для обеспечения выполнения заданий по снижению стоимости недостаточно усилий только руководителей строительных организаций. Необходимо привлечение широких масс строителей путем организации развернутого социалистического соревнования рабочих и инженерно-технических работников на борьбу за экономию в расходовании материалов, топлива, электроэнергии, за уплотнение рабочего дня, максимальное использование механизмов, за сокращение управленческого аппарата.

Необходимо добиться такого положения, чтобы каждая бригада, каждый рабочий активно участвовали в борьбе за режим экономии.

Снижение стоимости строительства является важнейшей народнохозяйственной задачей всего коллектива строителей-энергетиков, которые имеют большие возможности для успешного ее разрешения.



# Батарейные циклоны с элементами нового типа

Инж. М. М. Зайцев, инж. Е. Н. Теверовский и инж. Ф. А. Широков

За последние годы в результате ряда работ НИИОГАЗ и Проектной конторы треста «Газоочистка» были уточнены основы процесса очистки газов от взвешенных частиц в элементах батарейных циклонов и разработаны новые, более эффективные конструкции циклонных элементов. В результате этих работ составлены нормы на проектирование, монтаж и эксплуатацию батарейных циклонов.

Теория такого процесса еще не разработана, а потому выбор оптимальных форм циклона обычно производится опытным путем.

На основе многочисленных экспериментальных исследований НИИОГАЗ были установлены оптимальные формы и соотношения размеров новых циклонных элементов, гораздо более эффективных, чем применявшиеся ранее элементы ЦГ-1 (описанные в устаревшем каталоге треста «Газоочистка» издания 1941 г.).

## Конструкция циклонных элементов

Процесс очистки дымовых газов от частиц золы в циклонном элементе принципиально не отличается от процесса в обычном циклоне с тангенциальным входом газа, что и показано схематично на рис. 1, и, повидимому, является аэродинамическим процессом концентрирования взвешенных частиц в небольшой части потока газов и выноса их в бункер циклона, где они выпадают вследствие уменьшения скорости потока.

Как всякий аэродинамический процесс, рассматриваемый процесс существенно зависит от геометрических размеров циклона, скорости потока и интенсивности турбулентности вращающе-

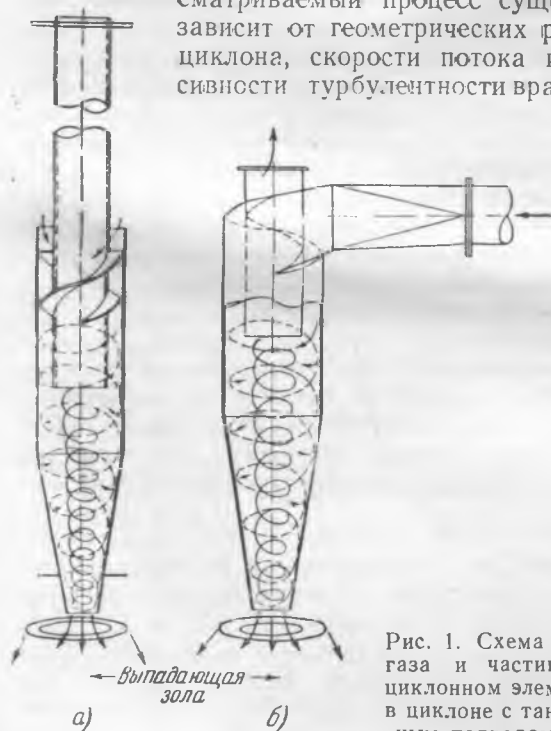


Рис. 1. Схема движения газа и частиц золы в циклонном элементе (а) и в циклоне с тангенциальным подводом газа (б).

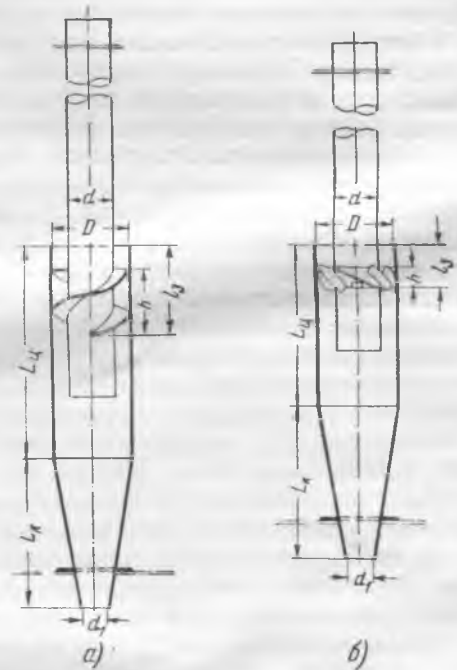


Рис. 2. Новые циклонные элементы с направляющим аппаратом «винт» (а) и с направляющим аппаратом «розетка» (б).

Диаметр элемента $D$ , мм	Длина цилиндрической части корпуса $L_1$ , мм	Длина конусной части корпуса $L_2$ , мм	Диаметр пылевывпускного отверстия $d_1$ , мм	Диаметр выхлопной трубы $d_2$ , мм	Высота направляющего аппарата (у выхлопной трубы) $h$ , мм	Длина заглубления направляющего аппарата в корпусе элемента $L_3$ , мм
Направляющий аппарат «розетка»						
100	220	200	40	59	25	85
150	325	300	55	83	35	80
250	550	500	80	133	50	126
Направляющий аппарат «винт»						
250	700	500	80	159	200	265

Конструкция таких элементов с направляющими аппаратами «вент» и «розетка» и основные размеры их показаны на рис. 2.

Направляющий аппарат «вент» состоит из двух винтовых лопастей, наклоненных под углом 25° и приваренных к выхлопной трубе. Направляющий аппарат «розетка» состоит из восьми лопастей, приваренных к манжете под углом 25 или 30°. Манжета крепится к выхлопной трубе.

В настоящее время приняты 3 основных размера элементов с внутренним диаметром корпуса 250, 150 и 100 мм.

Следует отметить, что корпус нового элемента с направляющим аппаратом «вент» диаметром 250 мм имеет общие размеры такие же, как и корпус старого элемента ЦГ-1, и поэтому можно производить замену последних без существенных изменений конструкций имеющихся батарейных циклонов.

В табл. 1 приведены данные о производительности элементов при различном отношении  $\frac{\Delta p}{\gamma_t}$  ( $\Delta p$  — потеря давления при просасывании газов через элемент;  $\gamma_t$  — удельный вес газов

Таблица 1

Диаметр элемента, мм	Производительность элемента, м <sup>3</sup> /час рабочего газа				
	при $\frac{\Delta p}{\gamma_t}$ , кг/м <sup>3</sup> :				
	55	65	75	85	95
Направляющий аппарат «розетка» с углом 25°					
250	660	715	770	825	865
150	220	245	260	270	280
100	100	108	115	125	135
Направляющий аппарат «вент»					
250	675	735	790	845	885
Старый элемент ЦГ-1					
250	675	735	790	845	885

при температуре  $t$ ; при  $t = 175—200^\circ\text{C}$  значение  $\gamma_t = 0,75 \text{ кг/м}^3$ ). Это отношение является характерным параметром для оценки сопротивления циклонов.

### Устройство батарейных циклонов и требования к их изготовлению и монтажу

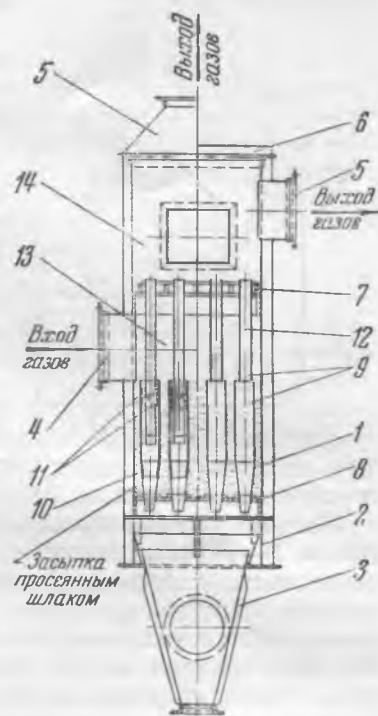
Конструкция батарейного циклона с новыми элементами показана на рис. 3. Батарейный циклон представляет собой систему параллельно включенных элементов, соединяющих газораспределительную камеру и камеру обеспыленного газа. Кроме того, все элементы сообщаются друг с другом через бункер, где газ может перетекать из одних элементов в другие. Для нормальной работы батарейного циклона необходимо соблюдение следующих условий:

а) гидравлическое сопротивление всех входящих в батарею элементов должно быть одинаковым;

б) должен обеспечиваться равномерный подвод и одинаковое распределение газов по элементам;

Рис. 3. Устройство батарейного циклона.

1 — кожух; 2 — опорный пояс; 3 — бункер; 4 — входной диффузор; 5 — выходной конфузор (два варианта); 6 — крышка; 7 — верхняя опорная решетка; 8 — нижняя опорная решетка; 9 — циклонный элемент; 10 — корпус элемента; 11 — направляющий аппарат; 12 — выхлопная труба; 13 — газораспределительная камера; 14 — камера обеспыленного газа.



в) не должно быть прососов газов из газораспределительной камеры в камеру обеспыленного газа или в бункер, минуя элементы;

г) в бункере не должно быть подсосов воздуха через швы стенок или через пылевой затвор.

Кроме того, недопустимо отложение золы внутри элементов, меняющее их гидравлическое сопротивление и могущее привести к забиванию элементов.

Для того чтобы обеспечить одинаковое сопротивление элементов, корпуса их должны изготавливаться с допуском не ниже 7—8-го класса точности (для элемента диаметром 250 мм), а направляющие аппараты — 4-го класса точности.

При установке элементов с направляющим аппаратом «вент» кромки его устанавливаются вдоль потока, а для установок с направляющими аппаратами «розетка» последние должны обеспечивать одинаковое направление вращения газов.

Крепить выхлопные трубы элементов на верхней опорной решетке, изготовляемой из полос в виде квадратных ячеек, следует приваркой к ним квадратных фланцев, в свою очередь приваренных к выхлопным трубам.

Необходимо тщательно проверять герметичность приварок стыков фланцев. Применявшийся ранее способ герметизации решетки посредством замазки, а также крепление выхлопных труб клиньями не рекомендуются.

Необходимо проверять герметичность всего батарейного циклона опрессовкой его воздухом, обращая внимание на герметичность бункера.

Затворы бункера не должны допускать подсоса воздуха при выгрузке золы, так как подсос в бункер воздуха свыше 15% от количества газов, проходящих через батарейный циклон, приводит к снижению степени очистки газов в нем до нуля.

Особо важно обеспечить равномерность подвода и распределения газов по отдельным элементам.

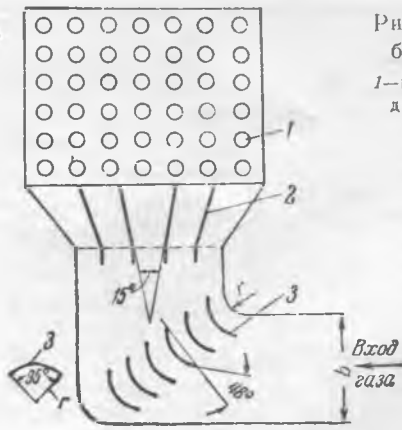


Рис. 4. Подвод газа к батарейному циклоу.  
1—выхлопная труба; 2—разделительные перегородки; 3—лопатки.

Для этого в поворотах газохода, вблизи входного диффузора, следует устанавливать лопатки, спрямляющие поток.

Лопатки изготавливаются из листовой стали толщиной 8—10 мм, изогнутой по цилиндрической поверхности с радиусом, равным радиусу внутреннего закругления колена газохода. Длина лопатки должна укладываться в дугу круга с углом 95°. Угол наклона хорды лопатки к оси газохода (угол атаки лопатки) должен быть равен 48°.

Число лопаток вычисляется в зависимости от отношения ширины газохода  $b$  в плоскости поворота к радиусу внутреннего закругления колена (рис. 4) по формуле

$$n_4 = 2,13 \frac{b}{r} - 1.$$

Входной, диффузор следует выполнять на все сечение газораспределительной камеры с углом раскрытия не больше 15°. При необходимости осуществления большего угла раскрытия диффузора в нем следует устанавливать разделительные перегородки с обеспечением указанного угла раскрытия.

Для уменьшения перетока газов между элементами при большом числе рядов элементов по глубине (8 и более) в бункере следует установить перегородку параллельно стороне входа газов.

Во избежание быстрого выхода из строя батарейного циклона в случаях, когда унос обладает большой абразивностью, нужно защищать поверхность первых двух-трех рядов выхлопных труб щитками, а также выполнять корпуса и направляющие аппараты элементов из материалов с повышенной стойкостью против истирания.

Отложение золы внутри элементов, нарушающее их работу, может происходить вследствие склонности ее к слипанию, при несвоевременной выгрузке из бункеров, при подсосе воздуха в бункер или при наличии перетока газов в нем.

Слипимость золы зависит от ее физико-химических свойств. По данным треста «Газоочистка» и НИИОГАЗ по степени слипимости унос можно ориентировочно разделить на две группы:

- |   |  |
|---|--|
| <p>Слабослипающийся унос</p> <p>а) при пылевидном сжигании углей с большим содержанием недожога (уголь Т, АШ)</p> <p>б) при слоевом сжигании любых углей</p> <p>в) при сжигании сланцев в пылевидном состоянии и в слое</p> | <p>Среднеслипающийся унос</p> <p>а) при пылевидном сжигании с весьма малым содержанием недожога (подмосковный уголь)</p> <p>б) при сжигании фрезерного и кускового торфа</p> |
|---|--|

Для каждой из этих групп уноса рекомендуется при выборе типов и размеров элементов руководствоваться данными предельно допустимой концентрации уноса в газах на входе в золоуловитель, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Тип направляющего аппарата	Диаметр элемента, мм	Допускаемая концентрация уноса в газах при входе в золоуловитель, г/м <sup>3</sup>	
		слабослипающийся унос	среднеслипающийся унос
„Розетка“	100	15	7
	150	35	13
	250	75	35
„Винт“	250	100	50

Слипимость золы зависит также и от ее влажности. Если температура газов снижается до температуры, близкой к точке росы, то происходит конденсация паров на частицах золы и на стенках элементов, что приводит к их замазыванию влажной золой и забиванию. Поэтому батарейные циклоны должны иметь тепловую изоляцию, обеспечивающую поддержание температуры газов выше точки росы.

### Конструкция батарейных циклонов и эффективность улавливания

Батарейные циклоны в основном проектируются трестом «Газоочистка» с прямоугольным корпусом и с прямоугольными газораспределительными камерами в виде одной или нескольких секций. Количество элементов в секции батарейного циклона нормализовано. Введено 4 типа секций: с 5, 6, 8 и 10 рядами элементов по глубине. Общее число элементов в секции может быть от 25 (для секции с 5 рядами по глубине) до 160 шт., причем производительность секций выбирается с учетом перекрытия очищаемых объемов газа.

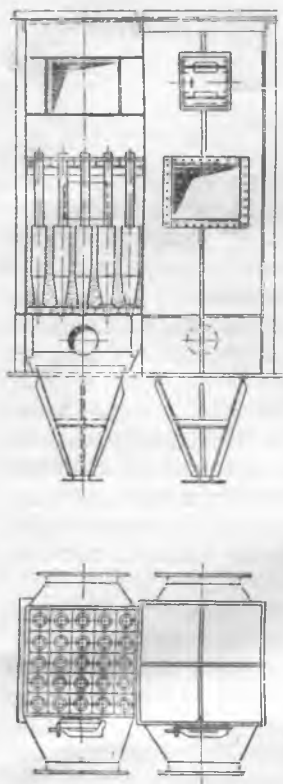
На рис. 5 показан двухсекционный батарейный циклон, предназначенный для очистки газов при переменном режиме (летняя и зимняя работа котельной).

Применяется также конструкция батарейного циклона с клиновидной газораспределительной камерой (с наклонной решеткой), имеющего несколько меньшую высоту корпуса аппарата (рис. 6,а).

Для улавливания взрывоопасной и самовоспламеняющейся пыли (угольная пыль, торф) возможно иное конструктивное оформление батарейного циклона, как показано на рис. 6,б.

В этой конструкции устроены квадратные диффузоры на входе газа в корпуса циклонных элементов и такие же конфузоры на выходе газа из выхлопных труб.

Такое устройство входа газа в корпуса элементов и выхода газа из выхлопных труб дает возможность осуществить (путем сварки торцов диффузоров и конфузоров) газораспределительную камеру и камеру обеспыленного газа без плоских горизонтальных поверхностей, на которых могла бы осаждаться пыль. Кроме того, в этой конструкции предусмотрено устройство взрывных клапанов обычного типа.



ис. 5. Двухсекционный батарейный циклон.

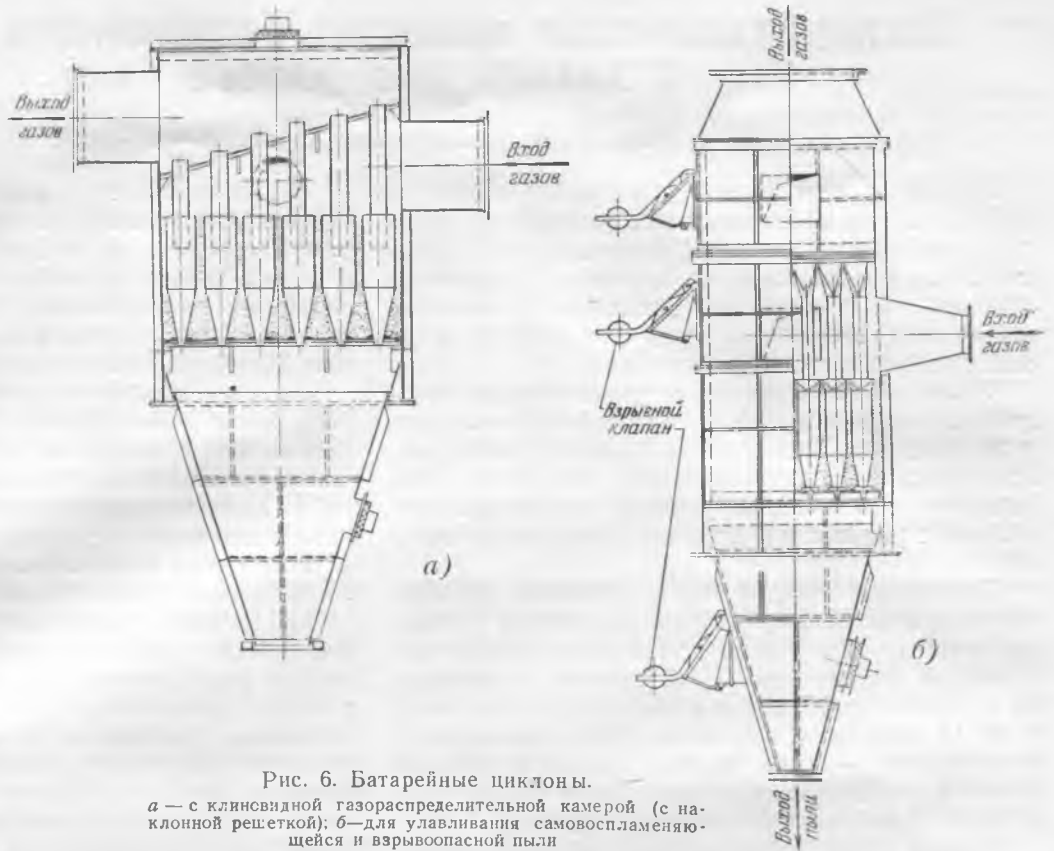


Рис. 6. Батарейные циклоны.  
*a* — с клиновидной газораспределительной камерой (с наклонной решеткой); *б* — для улавливания самовоспламеняющейся и взрывоопасной пыли

Таблица 3'

Способ сжигания топлива	Вид топлива	Удельный вес уноса, г/см <sup>3</sup>	Степень очистки газов, %			
			в элементах с направляющим аппаратом			
			„розетка“		„винт“	
			диаметр, мм			
			100	150	200	250
В пылевидном состоянии с разломом в шаровых барабанных мельницах . . . . .	Подмосковный уголь	2,2—2,4	88	85	80	73
В пылевидном состоянии (содержание недожога 30%) . . . . .	Т	2,2	94	92	89	85
В пылевидном состоянии (содержание недожога 7%) . . . . .	Т	2,2—2,3	93	91	88	84
В пылевидном состоянии . . . . .	АШ	2,1—2,3	94	92	89	85
В шахтно-мельничных топках . . . . .	Подмосковный уголь	—	93	91	88	85
Слоевой (на наклонно-переталкивающих решетках) . . . . .	Подмосковный уголь	2,3	98	97	96	94
Слоевой (топка с ручной колосниковой решеткой и с воздушным дутьем (грубый унос) . . . . .	АРШ	—	99	98	97	95
То же . . . . .	АП-АК, АСШ	1,9—2,2	96	94	92	89
Во взвешенном состоянии (топка ВТИ—Мосэнерго) . . . . .	Торф	—	88	85	80	73
В вихревой топке Макарьева . . . . .	Сланец	2,0—2,5	97	96	95	93

При соблюдении указанных выше требований в проектировании, изготовлении и эксплуатации батарейных циклонов эти аппараты обеспечивают надежную и эффективную очистку дымовых газов от уноса.

На основе сравнительных лабораторных и промышленных испытаний в табл. 3 приведены значения степени очистки дымовых газов, которые могут получаться при сжигании ряда топлив в топках различных конструкций, при установке элементов различных диаметров.

Как видно, батарейные циклоны с новыми элементами, особенно малых диаметров, обеспечивают требования по очистке дымовых газов электростанций либо самостоятельно, либо в качестве аппаратов для первичной очистки газов в случаях, когда требуется особенно высокая степень очистки.

Проектирование, монтаж и обслуживание батарейных циклонов должны производиться согласно новым нормам на батарейные циклоны, выпущенным трестом «Газоочистка» в 1951 г.



# Эксплуатационная проверка батарейного циклона с элементами нового типа

Инж. М. А. Альперович и инж. В. Н. Ужов

На основе исследовательских работ института НИИОГАЗ и конструктивных разработок своей проектной конторы трест «Газоочистка» в последние годы модернизировал элемент батарейного циклона<sup>1</sup>. Батарейными циклонами с новыми элементами оборудован ряд котлоагрегатов на электростанциях Советского Союза.

Ниже дается описание результатов эксплуатационной проверки такого батарейного циклона, установленного для очистки дымовых газов котлоагрегата производительностью 200 т/час, сжигающего подмосковный уголь в пылевидном состоянии с размолем в шаровых барабанных мельницах.

Батарейный циклон, подвергавшийся проверке, состоит из четырех секций циклонных элементов новой формы (диаметром 250 мм) по 140 шт в каждой секции (рис. 1). Элементы расположены в секции по 10 рядов в глубину по ходу газов и по 14 элементов в каждом ряду. Завихритель в элементах — типа «винт». Верхние трубные решетки горизонтальные, уплотнены сверху торкретированной теплоизоляционной массой.

Подвод газов к батарейному циклону выполнен двумя газопроводами прямоугольного сечения. По каждому газопроводу транспортируется половина дымовых газов котла. Перед батарейным циклоном газопроводы плавно расширяются. Вход газов в секции батарейного циклона производится под углом 90°.

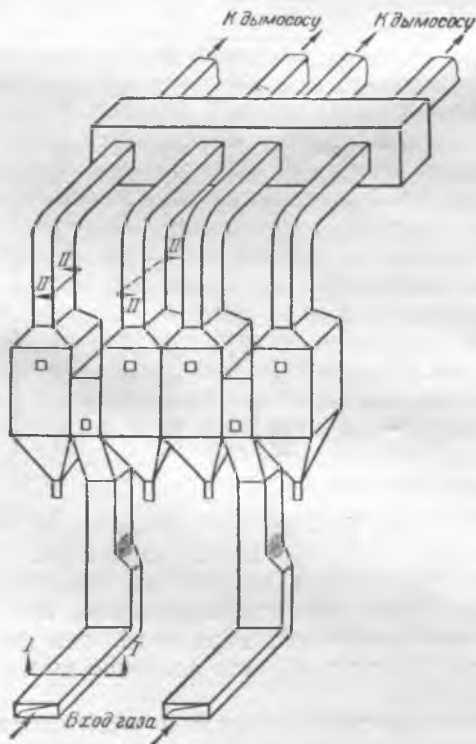


Рис. 1. Компоновка батарейного циклона.

<sup>1</sup> См. статью М. М. Зайцева, Е. Н. Теверовского и Ф. А. Широкова, стр. 6.

Вывод очищенных газов производится самостоятельными газопроводами, которые на некотором расстоянии от батарейного циклона входят в общий коллектор очищенных газов; последний четырьмя газопроводами соединен с двумя дымососами типа Д-300/400 производительностью при 200° С, 300 000 м<sup>3</sup>/час; Н = 400 мм вод. ст.

Каждая секция батарейного циклона в нижней части имеет бункер для сбора и удаления уноса. Под бункером на золоспусках круглого сечения установлены затворы «мигалки» системы ВТИ. Унос непрерывно отводится в систему гидрозолоудаления.

Измерения производились на входе в сечении I-I и на выходе — в сечении II-II.

Перед испытанием был произведен внутренний осмотр батарейного циклона и дымососов, причем было установлено хорошее состояние циклонных элементов и крыльчаток дымососов: не оказалось ни одного забитого золой или неисправного циклонного элемента. Уплотняющая замазка верхней трубной решетки не имела трещин; также отсутствовали отложения золы и в других частях золоуловителя. Все это свидетельствовало о хорошем газораспределении и плотности верхней трубной решетки. Крыльчатки и броня дымососов имели хорошо отшлифованную поверхность с равномерным небольшим износом.

В период испытания батарейного циклона нагрузка котлоагрегата колебалась в пределах 110–150 т/час. Степень очистки газов от уноса батарейным циклоном определялась по запыленности газов, измерявшейся одновременно во входных и выходных газопроводах. Измерения производились на одной половине золоуловителя, т. е. на двух секциях, по методике НИИОГАЗ<sup>2</sup>. При измерениях определялись скоростное поле и поле запыленности газов во входных и выходных газопроводах.

Запыленность газов определялась пропусканием через бумажные фильтры части газов, отсасываемых из газопровода воздухоудувками, с установленной скоростью, через пылезаборные трубки с электрообогревом (для исключения конденсации водяных паров). Количество профильтрованных газов определялось реометрами. Количество задержанной бумажными фильтрами пыли находилось взвешиванием фильтров до и после отбора пыли на аналитических весах. Температура газов измерялась ртутными термометрами.

Гидравлическое сопротивление секций измерялось U-образным манометром (по перепаду разрежения) непосредственно во входном (перед камерой запыленных газов) и выходном (на выходе из камеры очищенных газов) газопроводах.

Результаты измерений сведены в табл. 1.

Величина общего присоса воздуха через неплотности в корпусе, газопроводах и бункерах,

<sup>2</sup> См. Эксплуатация электрофильтров для очистки дымовых газов, Госэнергоиздат, 1945.

Нагрузка котла, т/час	Входной газопровод сечением 4,2 м <sup>2</sup>				Выходные газопроводы сечением по 2,44 м <sup>2</sup>				Условная скорость в циклонном элементе, м/сек	Гидравлическое сопротивление батарейного циклона, мм вод. ст.	Степень очистки, %
	Разрежение, мм вод. ст.	Температура уходящих газов, °С	Количество рабочих газов, тыс. м <sup>3</sup> /час	Средняя запыленность, г/м <sup>3</sup>	Разрежение, мм вод. ст.	Температура уходящих газов, °С	Количество рабочих газов, тыс. м <sup>3</sup> /час	Средняя запыленность, г/м <sup>3</sup>			
110	170	200	220	10,4	250	190	254	1,80	4,4	80	79,4
110	170	200	220	10,7	250	190	254	1,34			
110	170	200	220	17,0	250	190	254	1,34			
									Средняя	80	85,7
150	140	190	200	26,5	210	180	225	3,96	4,0	70	82,8
150	140	190	200	13,2	210	180	225	1,4	4,0	70	83,9
150	150	190	200	16,1	215	180	225	2,1	4,0	65	85,0
150	140	190	219	12,3	225	180	232	1,97	4,4	85	82,7
150	140	195	219	17,0	220	185	232	2,54	4,4	80	83,8
150	140	195	225	25,6	220	185	232	3,75	4,5	80	84,6
150	140	195	225	20,0	220	185	232	2,95	4,5	80	84,6
150	105	195	200	14,0	175	185	209	2,69	4,0	70	79,9
									Средняя		83,4

как видно из табл. 1, колебалась в пределах 4,5-15,5% в зависимости от величины разрежения за золоуловителем.

очистки дымовых газов от уноса при сжигании подмосковного угля более чем на 80%, улавливая частицы размером до 6 м.

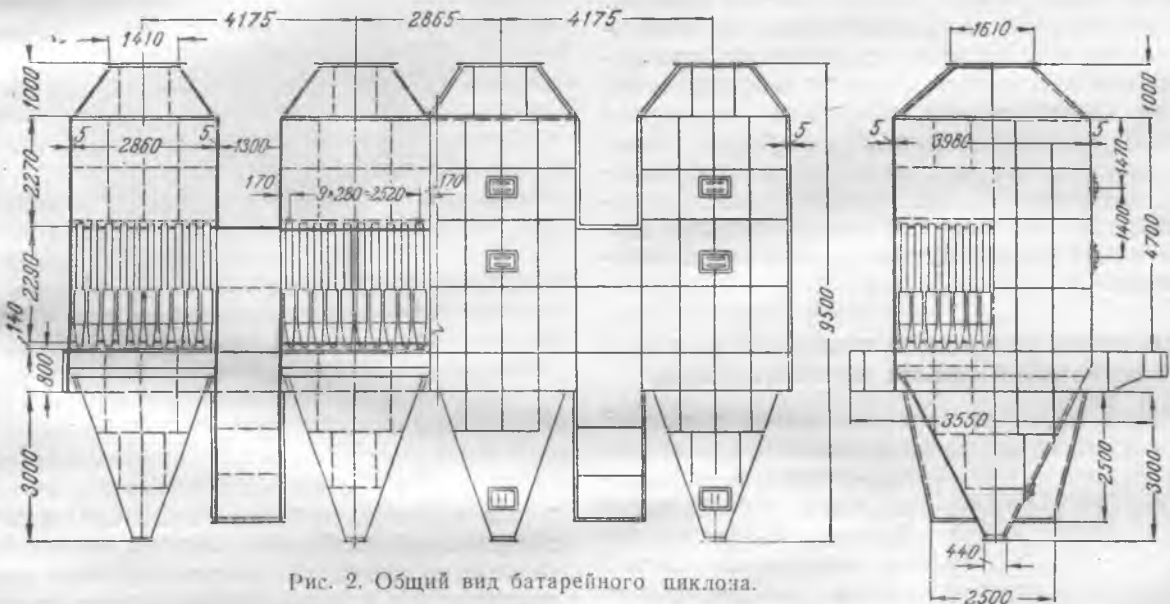


Рис. 2. Общий вид батарейного циклона.

Фракционный состав уноса, отобранного из дымовых газов до и после батарейного циклона, характеризуется данными табл. 2.

Батарейный циклон (рис. 2) имеет следующую техническую характеристику:

Таблица 2

Размер частиц, м	Содержание фракций в уносе, %		Фракционная степень очистки, %
	на входе в батарейный циклон	на выходе из батарейного циклона	
0-6	28,2	94,3	44,7
6-10	10,6	1,5	97,6
10-15	4,2	1,0	96,0
15-20	9,6	0,4	99,3
20-30	11,9		
30-40	10,8		
40-60	11,0	2,8	99,04
60-90	7,8		
>90	5,9		
Итого .	100,0	100,0	

- Производительность . . . 500 тыс. м<sup>3</sup>/час
- Количество секций . . . 4
- Количество элементов . . . 560
- Температура газов . . . 200°С
- Гидравлическое сопротивление . . . 80 мм вод. ст.
- Вес металла . . . 97 т
- Расход электроэнергии на очистку 1000 м<sup>3</sup> газов с учетом 15% общего присоса воздуха . . . 0,81 квтч

Как следует из табл. 1 и 2, описанный батарейный циклон устойчиво обеспечивает степень

Батарейный циклон с элементами новой формы треста «Газоочистка» при очистке дымовых газов котла, сжигающего подмосковный уголь в пылевидном состоянии с размолем в шаровых барабанных мельницах, обеспечивает устойчивую очистку газов от уноса на 82-83% и может быть рекомендован для применения на электростанциях в тех случаях, когда можно ограничиться указанной величиной степени очистки.



## Повышение стойкости огнеупорной обмуровки

Инж. Ф. З. Долкарт и канд. техн. наук Л. А. Цейтлин

Наибольшее влияние на износ огнеупоров в топках мощных паровых котлов с пылеугольным отоплением оказывает при высоких температурах химическое и истирающее действие золы топлива.

Шамотная обмуровка топок котлов с пылеугольным отоплением обычно покрыта слоем шлака. От температуры в топке, состава огнеупора и золы зависят налипание шлака на поверхность обмуровки, толщина слоя шлака, проникновение его в огнеупор и взаимодействие с последним. С увеличением плотности шамотного огнеупора, повышением в нем содержания глинозема, с увеличением тугоплавкости золы и уменьшением содержания в ней плавней (окислов железа, кальция, щелочей) шамотный огнеупор должен быть более стойким в обмуровке топок паровых котлов.

### Износ огнеупоров в топках котлов с пылеугольным отоплением

С целью изучения процесса износа шамотной обмуровки топки котла были исследованы образцы огнеупора, находившиеся в работе около

3,5 мес. Образцы были взяты из задней стены зажигательного пояса топки котла паропроизводительностью 110 т/час, работавшего на пыли АШ с золоностью 17—25%. Зажигательный пояс топки был выполнен из содержащего каолин шамотного кирпича с огнеупорностью 1730°С и кажущейся пористостью около 29%.

Рабочая поверхность кирпича была покрыта шлаком (рис. 1), который, стекая, образовал внизу обмуровки сосульки длиной до 10—15 см (рис. 2). Химический состав и огнеупорность отобранных проб кирпича и

сосулек шлака приведены в табл. 1, из которой видно, что стекающий по обмуровке шлак по химическому составу значительно отличается от шамотного кирпича содержанием большего коли-



Рис. 2. Образец сосулек шлака, образовавшихся снизу шамотной обмуровки топки.



Рис. 1. Образец (в изломе) шамотной обмуровки топки котла. Слева видна покрывающая обмуровку шлаковая корка.

чества плавней, особенно  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$  и меньшим содержанием глинозема. Указанное отличие химического состава обуславливает при рабочих температурах в топке взаимодействие стекающего по обмуровке шлака с огнеупором. При рассмотрении под биноклем шамотного кирпича, взя-



Рис. 3. Микроструктура зоны прикосновения шамотного кирпича со шлаком. Увеличение 150.

Наименование образцов	Химический состав, %							Огнеупорность, °С
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	FeO	Щелочи	
Шамотный кирпич через 3,5 мес. работы (неошлакованная часть) . . . . .	56,8	39,60	1,60	1,24	0,76	Не определялись		1 730
Сосульки шлака с обмуровки	55,40	23,42	11,11	4,00	1,52	1,44	3,00	1 380

того из топки, видно, что огнеупор остеклован на глубину не более 2 мм.

Под микроскопом в шлифе (рис. 3) наблюдаются различные по структуре и минералогическому составу, резко разграниченные зоны<sup>1</sup>:

I — неизменный шамотный кирпич, состоящий из тонкодисперсного вещества и угловых зерен кварца (в отдельных участках наблюдается слабая поляризация, обусловливаемая мельчайшими иголочками муллита); по мере приближения к месту соприкосновения со шлаком наблюдается проникновение по трещинам бесцветного стекловидного вещества, из которого кристаллизуются иголки муллита, достигающие длины 0,15—0,20 мм;

II — тонкодисперсное вещество шамотного кирпича, насыщенное бурыми окислами железа (глубина этой зоны 0,10—0,15 мм);

III — стекловидная, почти бесцветная масса, содержащая иголки муллита, образующиеся на месте соприкосновения с предыдущей зоной (глубина зоны 0,08—0,15 мм);

IV — зеленовато-бурое стекло, не содержащее кристаллических компонентов; изредка встречаются скелетные формы магнетита (глубина зоны 0,5—0,8 мм); коэффициент преломления стекла—1,540—1,545.

Произведенные исследования подтверждают, что на процесс износа шамотной обмуровки топки весьма существенное влияние оказывает воздействие золы топлива. Процесс износа можно охарактеризовать следующим образом:

Зола ошлаковывает поверхность шамотной обмуровки, проникает по трещинам в огнеупор и взаимодействует с ним. В месте соприкосновения с огнеупором образуются легкоплавкие расплавы, состоящие в основном из золы и небольшого количества огнеупора. Свободный кремнезем огнеупора образует с компонентами золы легкоплавкое стекло, переходящее в шлак, который стекает по обмуровке. Проникновение окиси железа в огнеупор и обогащение жидкой фазы в месте соприкосновения с глиноземом обуславливают кристаллизацию муллита.

Шлак, непрерывно стекая по обмуровке, увлекает растворившиеся частицы огнеупора, а также отдельные кристаллы муллита.

Истирающее действие частиц золы и угольной пыли на шамотный огнеупор значительно усиливается вследствие размягчения последнего в результате химического взаимодействия с золой топлива при высоких температурах.

Улучшить качество шамотного огнеупора для обмуровки топок возможно повышением его плотности и увеличением содержания в нем глинозема.

<sup>1</sup> Микроследование проводилось петрографом Н. В. Гулько.

Применение шамотных огнеупоров, изготовленных на базе каолинов, с повышенным содержанием глинозема (не менее 39%) увеличивает длительность службы обмуровки топок котлов. Дальнейшее значительное увеличение количества глинозема в шамотном огнеупоре ограничивается его содержанием в каолинистом сырье.

Применение более плотных шамотных огнеупоров уменьшит проникновение в них компонентов золы и их оплавление.

Для повышения стойкости обмуровки топок котлов, работающих при высоких тепловых напряжениях, возможно было бы применить высокоглиноземистые и хромитомagneзитовые огнеупоры, испытания которых целесообразно провести<sup>2</sup>.

### Применение защитных шлакоустойчивых обмазок

Повышение стойкости шамотной обмуровки топок котлов с пылеугольным отоплением можно достигнуть покрытием огнеупора защитной шлакоустойчивой обмазкой.

В Советском Союзе разработаны для топок котлов многочисленные рецептуры защитных обмазок с различными заполнителями и связующими.

По применяемым материалам предложенные обмазки можно разделить на следующие типы: глинисто-шамотные, глинисто-графитовые, хромитовые, хромито-магнезитовые, хромито-шамотные, хромито-динасовые, хромито-корундовые, высокоглиноземистые, цирконовые, карборундовые и др. В качестве вяжущих для обмазок применяются: огнеупорная глина, растворимое стекло, сульфитно-спиртовая барда, пагока, пек.

Для того чтобы защитные обмазки могли значительно увеличить срок службы обмуровки, они должны быть более стойкими, чем огнеупорный шамотный кирпич, на который их наносят. В топках паровых котлов, особенно пылеугольных, где износ шамотной обмуровки происходит главным образом в результате ее интенсивного разъедания шлаком, защитная обмазка наряду с достаточной огнеупорностью должна обладать высокой стойкостью к действию золы топлива.

Следует считать нерациональным применение в топках паровых котлов при интенсивном воздействии шлака на обмуровку глинисто-шамотных обмазок, так как их стойкость к действию золы не выше, чем шамотного огнеупора. Не обосновано при этом применение также хромито-шамотных и хромито-динасовых обмазок, так

<sup>2</sup> На электростанциях МЭС произведены опыты применения в топках огнеупоров с содержанием глинозема 50 и 70%, давшие положительные результаты. Р е д.

Наименование материалов	Химический состав, %								
	Потери при прокаливании	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Щелочи	SO <sub>2</sub>
Хромитовая руда . . . . .	0,76	3,49	22,79	19,33*	37,12	2,04	14,76	—	—
Металлургический магнезит	2,44	2,20	0,74	2,26	—	5,60	84,70	—	—
Высокоглиноземистый шамот	0,34	38,10	59,40	1,27	—	0,74	0,51	—	—
Часов-ярская глина . . . . .	9,12	52,84	32,03	1,51	—	0,36	0,81	—	—
Растворимое стекло . . . . .	54,70	29,95	Не определялись			—	—	14,04	—
Сульфитно-спиртовая барда .	92,30**	0,59	Следы	0,27	—	4,75	0,22	—	1,85

\* FeO.

\*\* В том числе воды 49,2%.

как добавки шамота или динаса значительно снижают огнеупорные свойства хромитовой руды и ее сопротивляемость шлаковым воздействиям. Применение в топках котлов глинисто-графитовых обмазок также не дает положительных результатов вследствие выгорания графита. Цирконовые и карборундовые обмазки, вследствие высокой стоимости необходимых для их изготовления материалов, едва ли можно будет в ближайшее время широко применять для топок котлов.

Из разработанных типов обмазок практический интерес представляют хромитовые, хромитомагнезитовые<sup>3</sup> и высокоглиноземистые.

В институте огнеупоров были произведены лабораторные исследования трех типов обмазок<sup>4</sup>.

При проведении лабораторных работ применялись следующие отощающие материалы: сарановская хромитовая руда, саткинский металлургический магнезит и высокоглиноземистый шамот, изготовленный из часов-ярской глины Ч-1 (65%) и технического глинозема (35%) и обожженный при 1450°С. В качестве связующих применялись: часов-ярская глина Ч-1, растворимое стекло и сульфитно-спиртовая барда.

Данные о химическом составе примененных материалов приведены в табл. 2.

Состав исследованных обмазок изменялся в следующих пределах (табл. 3):

Таблица 3

Типы обмазок	Состав шихты, %					
	Хромитовая руда	Металлургический магнезит	Высокоглиноземистый шамот	Часов-ярская глина	Растворимое стекло (сверх 100%)	Сульфитно-спиртовая барда (сверх 100%)
Хромитовые . . . . .	90—100	—	—	0—10	0—10*	0—8
Хромито-магнезитовые . . . . .	65—67	25	—	8—10	8—10	6
Высокоглиноземистые . . . . .	—	—	85—92	8—15	10	6

\* Опробовалась также силикат-глина в пределах до 4%.

Обмазки изготовлялись из материалов с размером частиц менее 0,5; 1; 2 и 3 мм.

Кирпичи с нанесенной обмазкой сушились на воздухе, а затем подвергались обжигу при 1400—1500°С.

Сравнительная стойкость к действию золы топлива определялась испытанием оптимальных со-

<sup>3</sup> С. В. Глебов и А. К. Уваров, «Огнеупоры», 1937, № 10, стр. 697.

<sup>4</sup> Л. А. Цейтлин, ЦНИИ, Металлургпром, Бюллетень, № 17, 1949.

ставов обмазок тигельным методом. Для указанной цели из шамотного кирпича изготовлялись образцы, в которых высверливались углубления диаметром 44 мм и высотой 35 мм. Поверхность углублений этих образцов покрывали обмазкой слоем 3—5 мм.

После сушки образцы подвергались обжигу, затем в углубления, покрытые обмазкой, засыпали угольную золу, после чего образцы подвергались повторному обжигу при 1500°С.

Проведенные лабораторные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Хромитовая и высокоглиноземистая обмазки хорошо связываются с шамотным кирпичом после сушки и обжига и предохраняют его от разъедания расплавленной золой.

2. Хромито-магнезитовая обмазка неудовлетворительно связывается с кирпичом и хуже предохраняет его от разъедания.

Из двух типов обмазок, давших положительные результаты при лабораторных исследованиях, для испытания в производственных условиях была принята хромитовая обмазка, для изготовления которой применяется более доступное сырье — природная хромитовая руда.

На основании лабораторных исследований и последующих испытаний в эксплуатации была установлена рецептура хромитовой обмазки.

Указанная обмазка состоит из хромитовой руды 93 — 94%, с небольшими добавками связующих: пластичной огнеупорной глины 6 — 7% и сульфатно-спиртовой барды 3% по сухому весу (сверх 100%). Показатели свойств этой обмазки приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Усушка, %	Огневая усадка после обжига при 1200°С, %	Кажущаяся пористость, % после						
		сушки при 110°С	обжига при температуре, °С					
			400	600	1000	1200	1400	1500
2—3	1,2—1,4	18,4	23,8	26,6	26,1	24,4	14,7	7,8

Таблица 5

Огнеупорность, °С	Температура деформации обожженных образцов под нагрузкой 0,3 кг/см <sup>2</sup> , °С			Предел прочности при сжатии, кг/см <sup>2</sup> после						
	Начало разрушения	4% сжатия	Разрушение	сушки при 110°С	обжига при температуре, °С					
					400	600	800	1000	1100	1500
~1900	1310	1330	1430	160	60	90	90	100	190	330

## Испытание защитной хромитовой обмазки в эксплуатационных условиях

Испытуемая защитная хромитовая обмазка<sup>5</sup> была применена в частично экранированной топке котла паропроизводительностью 110 т/час, работающего на пыли АШ с зольностью 17—25%. Экранные трубы задней и боковых стен топки закрыты зажигательным поясом толщиной 80 мм из шамотного фасонного кирпича («восьмерки»). Зажигательный пояс был выполнен из содержащего каолин шамотного кирпича, характеристика которого была приведена в табл. 1. Обмазка наносилась на предварительно очищенную от мертеля и пыли шамотную обмуровку вручную, тщательным втиранием, слоем толщиной 5—7 мм. Ею была покрыта обмуровка заднего и частично боковых экранов топки.

В результате этого испытания и повторного сравнительного испытания защитной хромитовой обмазки в зажигательном поясе этой же топки было установлено, что при однократном ее нанесении стойкость шамотных зажигательных поясов повышается примерно в два раза.

Применение этой обмазки на двух электростанциях в течение более года подтвердило ее эффективность. Вместе с тем было установлено, что при слишком высоких местных температурах и повышенном истирающем действии угольной пыли и золы, а также при плохой предварительной очистке поверхности шамотной обмуровки и недостаточно тщательного нанесения обмазки эффективность ее понижается.

Произведенными в Институте огнеупоров последующими исследованиями установлена возможность изготовления хромитовой обмазки из хромитовой руды с повышенным содержанием окиси хрома (порядка 40—50%), применение которой должно дать еще лучшие результаты.

В соответствии с разработанной технологией изготовления на огнеупорном заводе им. Ленина Главогнеупора было организовано промышленное производство хромитовой обмазки в виде сухой смеси. Затворение такой обмазки раствором сульфитно-спиртовой барды предусматривается на месте потребления.

Нанесение хромитовой обмазки может осуществляться методом торкретирования цемент-пушкой, а также вручную.

Широкое применение обмазки в первую очередь на котлах, работающих на пыли АШ и тощих углей, и систематические наблюдения за ее поведением позволят выявить условия, при которых применение ее окажется наиболее эффективным.

## Изготовление и испытание кирпича с хромитовым покрытием

Положительные результаты применения защитной хромитовой обмазки послужили основанием для проведения работ по изготовлению шамотного кирпича с хромитовым покрытием и ис-

<sup>5</sup> В испытаниях принимали участие руководящие работники электростанций. В особенности следует отметить участие инж. А. А. Воронова и инж. И. К. Наймарка.

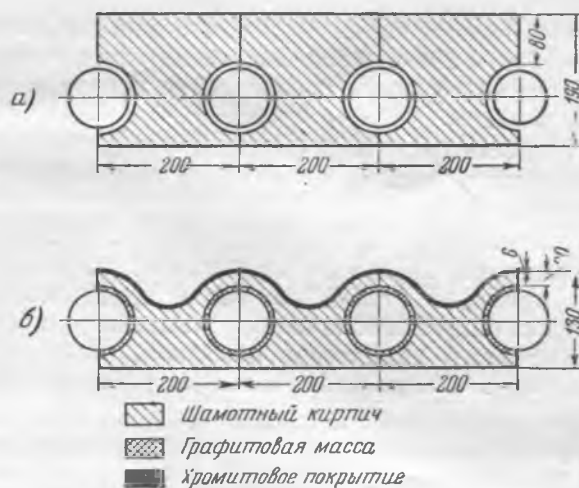


Рис. 4. Конструкция зажигательного пояса топки котла. — а — с обычно применяемым кирпичом; б — с опытным кирпичом.

пытания такого кирпича в эксплуатационных условиях.

На опытном заводе Института огнеупоров были изготовлены опытный фасонный каолинистый шамотный кирпич с хромитовым покрытием и обычный фасонный каолинистый шамотный кирпич «восьмерка» (рис. 4).

Опытные кирпичи были изготовлены тонкостенными с рабочей толщиной ~ 20 мм, т. е. в четыре раза тоньше рабочей толщины обычных «восьмерок». Такое резкое уменьшение толщины кирпича было сделано с целью понижения температуры хромитового покрытия благодаря более интенсивному охлаждению его экранными трубами. Рабочей поверхности опытного кирпича была придана такая форма, какую обычно принимает в результате износа кирпич в зажигательном поясе. Отформованные кирпичи после сушки были покрыты защитной хромитовой обмазкой вручную, а затем были подвергнуты обжигу по режиму для шамотного кирпича при 1380°С.

Химический анализ обожженных опытных изделий показал, что содержание  $Al_2O_3$  в шамотном черепке составляет 43,52%. Кажущаяся пористость шамотного черепка составила 29—29,7%, а хромитового покрытия до 16%.

Во время капитального ремонта котла, в топке которого ранее испытывались хромитовые обмазки, был выполнен опытный участок площадью 2,5 м<sup>2</sup> в центральной верхней части зажигательного пояса задней стены топки. Первый (нижний) ряд кирпичей укладывался на опорные полукольца, приваренные к экранным трубам.

С целью получения сплошного закрытия хромитовой массой, а также уменьшения износа обмуровки по швам кирпич с хромитовым покрытием укладывался на хромитовом мертеле примерно того же состава, что и обмазка, но с размером частиц менее 0,5 мм.

Для лучшего охлаждения огнеупора зазоры между экранными трубами и кирпичом заполнялись теплопроводной графитовой массой. Остальная часть кладки зажигательного пояса была выполнена из фасонного шамотного кирпича и покрыта хромитовой обмазкой.

При осмотре топки во время остановок котла после 740, 1 250 и 2 600 час. эксплуатации экраны, включая участок с опытным огнеупором, не были оголены.

При остановке котла на ремонт после 4 000 час. эксплуатации весь зажигательный пояс оказался изношенным.

При указанном испытании стойкость опытного тонкостенного кирпича с хромитовым покрытием была примерно такой же, как и применяемого электростанцией каолинистого шамотного кирпича, покрытого хромитовой обмазкой, имевшего примерно в четыре раза большую рабочую толщину.

Применение такого тонкостенного кирпича может представить практический интерес, так как при этом отпадает необходимость нанесения обмазки в топках котлов и вместе с тем уменьшится расход огнеупоров на зажигательные пояса и нагрязка на экранные трубы.

Для установления эффективности применения шамотного кирпича с хромитовым покрытием при различных условиях эксплуатации целесообразно провести более широкое его испытание.

### Применение пластичных хромитовых масс

Более значительного увеличения стойкости зажигательных поясов топков котлов с пылеугольным отоплением можно достигнуть при их выполнении не из шамотного кирпича, а из набивных пластичных хромитовых масс. Выполнение зажигательных поясов из таких масс возможно в топках, имеющих шиповой экран. Хромитовую массу набивают на экранные трубы и между ними, так что образуется монолитный зажигательный пояс.

В результате произведенных Институтом огнеупоров исследований были разработаны следующие две рецептуры пластичных хромитовых масс, состоящие в основном из хромитовой руды с небольшими добавками связующих (табл. 6) <sup>6</sup>.

Таблица 6

Марка массы	Состав массы, %		
	Хромитовая руда	Огнеупорная высокопластичная глина	Растворимое стекло (по сухому весу сверх 100%)
ПХМ-6	97—98	2—3	3
ПХМ-1	100	—	3

Присутствие в этих массах растворимого стекла обуславливает их способность схватываться и твердеть на воздухе и сохранять хорошую прочность при нагревании.

Хромитовая масса без глины имеет меньшую усушку и усадку и потому менее склонна к растрескиванию при сушке и обжиге. Указанная масса имеет также более высокие показатели по прочности при сжатии и температуре деформации под нагрузкой.

Масса, не содержащая глины, предназначена для пода топок котлов с жидким шлакоудалением.

Преимуществом массы, содержащей глину, является ее повышенная пластичность, что облегчает ее набивку на вертикальные шиповые экраны топков котлов.

Пластичные свойства указанной массы обуславливаются содержанием в ней связующих, а также мелких фракций хромитовой руды.

Характеристика пластичной хромитовой массы (по разработанной рецептуре) приведена ниже:

Содержание $SiO_2$ . . . . .	~35%
Огнеупорность . . . . .	1 900° С
Усушка при 110° С . . . . .	1,5—2,5%
Общая усадка при температуре 1 400° С	3—5%
Объемный вес . . . . .	3,2—3,3 г/см <sup>3</sup>
Удельный вес . . . . .	3,9—4,0 г/см <sup>3</sup>
Средний коэффициент термического расширения образцов, высушенных при 110° С, в интервале температур 20—800° С . . . . .	(0,6 ÷ 0,8)10 <sup>-5</sup>
Коэффициент теплопроводности при температуре горячей поверхности 800° С	1,3 ккал/м <sup>2</sup> час
Температура деформации под нагрузкой 2 кг/см <sup>2</sup> :	
начало . . . . .	1 150—1 180° С
полное разрушение . . . . .	1 260—1 340° С
Температура деформации под нагрузкой 0,1 кг/см <sup>2</sup> :	
начало . . . . .	1 240° С
полное разрушение . . . . .	1 620° С
Предел прочности при сжатии:	
после сушки при 110° С . . . . .	200—400 кг/см <sup>2</sup>
после обжига „ 1 000° С . . . . .	200—300 „
„ „ „ 1 400° С . . . . .	400—700 „
Предел прочности при разрыве:	
после сушки при 110° С . . . . .	30—50 кг/см <sup>2</sup>
после обжига „ 1 000° С . . . . .	50—70 „
„ „ „ 1 400° С . . . . .	100—110 „

Как видно из приведенных данных, коэффициент термического расширения хромитовой массы в интервале температур 20—800° С составляет (0,6 ÷ 0,8)10<sup>-5</sup>, что значительно меньше, чем для железа (1,2 · 10<sup>-5</sup>). Однако это различие для обмуровки из хромитовой массы на экранных трубах не выявляется резко, так как масса нагрета больше, чем трубы. Кроме того, наличие в массе жидкого стекла обуславливает начальное образование жидкой фазы при сравнительно низких температурах, что допускает некоторое перемещение шипов внутри массы.

Следует, однако, отметить, что образование жидкой фазы также обуславливает сравнительно низкую температуру деформации пластичных хромитовых масс и возможность их «оползания». Поэтому охлаждение этих масс, обуславливаемое их плотным прилеганием к экранным трубам и большим количеством приваренных к трубам ши-

<sup>6</sup> Л. А. Цейтлин, „Огнеупоры“, 1947, № 5, стр. 216.

пов, имеет решающее значение для их стойкости.

Если на экранные трубы масса будет наложена слоем такой толщины, что охлаждение ее рабочего слоя от труб будет недостаточно, то часть массы сползет.

Износу хромитовой массы со стороны рабочей ее поверхности при высоких температурах способствует химическое взаимодействие с золой топлива. Значительный износ хромитовой массы может происходить также в зонах особо сильного истирающего действия угольной пыли и золы.

Применение пластичных хромитовых масс в обмуровке трехкамерной топки котла паропроизводительностью 175 т/час, работающего преимущественно на смеси доменного и коксового газов, а иногда также на пыли челябинского угля с жидким шлакоудалением, дало положительные результаты. В первой камере этой топки экранные трубы диаметром 82,5 мм, с шагом 152 мм имеют более, чем на полуокружности, густо приваренные с топочной стороны в шахматном порядке шипы диаметром 12,7 мм. Длина шипов по окружности 25 мм, а с боковых сторон 33 мм. Экранные трубы и межтрубные промежутки по всей высоте закрыты хромитовой массой, которая образует монолитные стены первой камеры.

Под топки состоит из экранных труб, покрытых металлическими плитками, поверх которых набита пластичная хромитовая масса марки ПХМ-1, толщиной от 25 до 165 мм.

Хромитовая обмуровка стен (при небольшом ремонте массой марки ПХМ-1), а также под топки покрыты слоем шлака и находятся в эксплуатации более 3 лет.

Положительные результаты также получены при применении пластичной хромитовой массы ПХМ-6 для закрытия шиповых экранов топок котлов, работающих на пыли антрацитового шты-

ба и тощих углей. Стойкость зажигательных поясов из этой массы уже в несколько раз превысила стойкость шамотных зажигательных поясов в аналогичных условиях.

В результате проведенных Институтом огнеупоров исследований установлена возможность изготовления пластичных хромитовых масс с повышенным содержанием окиси хрома (порядка 40—50%). Промышленное производство указанных хромитовых масс по разработанной технологии организовано на огнеупорном заводе им. Ленина Главогнеупора. Затворение хромитовых масс водным раствором жидкого стекла должно производиться у потребителя. Эти массы в эксплуатации показали значительно более высокую стойкость, чем хромитовые массы с содержанием окиси хрома около 35%. На ряде электростанций из указанных масс выполнены и успешно служат зажигательные пояса топок котлов, работающих на пыли АШ.

Экспериментальные работы показали также, что введение в указанные массы металлургического магнезита и боя магнезитового кирпича значительно повышает температуру начала размягчения этих масс.

### Выводы

1. Приведенные данные показывают, что для повышения стойкости огнеупорной обмуровки (зажигательных поясов) топок котлов необходимо применение шамотных огнеупоров лучшего качества и покрытие их хромитовой обмазкой.

2. Для более значительного повышения стойкости зажигательных поясов топок котлов, работающих на пыли АШ и тощих углей, необходимо расширить применение шиповых экранов с закрытием их пластичными хромитовыми массами.



## О применении ступенчатого испарения при питании котлов конденсатом

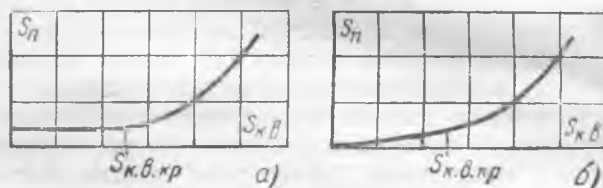
Член-корреспондент Академии наук СССР М. А. Стырикович

До последнего времени зависимость солевого содержания пара от солевого содержания котловой воды для любого котлоагрегата обычно характеризовалась кривой, показанной на рисунке (а). Солевого содержания котловой воды, соответствующее началу резкого подъема кривой  $S_n = f(S_{к.в.})$ , зависящее от ряда эксплуатационных и конструктивных факторов, называется обычно «критическим» солевым содержанием котловой воды. Установление величины этого солевого содержания и является, как правило, одной из основных задач теплотехнических испытаний котлоагрегата. При превышении «критического» солевого содержания котловой воды солевого содержания пара резко увеличивается, и это вызывает интенсивный занос пароперегревателя и турбины солями.

Снижение солевого содержания котловой воды значительно ниже «критического» обычно считалось нецелесообразным, так как при этом увеличивается процент продувки, в то время как солевого содержания пара согласно кривой а не должно уменьшаться. По тем же причинам для котлов со ступенчатым испарением считалось нецелесообразным значительно снижать солевого содержания котловой воды чистого отсека по сравнению с «критическим» солевым содержанием.

За последние годы в связи с уточнением методов определения солевого содержания пара начали накапливаться материалы по действительным значениям солевого содержания пара в так называемой «докритической» области. Однако даже и при использовании разработанного ВТИ метода поглощения катионов и анионов разброс точек в «докритической» области получался в большинстве случаев очень значительным. В связи с этим многие теплотехники и сейчас считают, что в «докритической» области качество пара либо вообще не зависит от солевого содержания котловой воды, либо зависит весьма слабо<sup>1</sup>. В особенности это относится к области весьма низких солевого содержания котловой воды. Поэтому, если ряд теплотехников и считает, что повышение качества пара может быть достигнуто за счет снижения солевого содержания котловой воды до величин, меньших  $S_{кр}$ , на-

пример, для котлов с давлением  $\sim 30$  ата до величин  $S_{к.в.} \approx 300-400$  мг/кг, то дальнейшее снижение солевого содержания (например, ниже 100—200 мг/кг) до сих пор считалось нецелесообразным.



За последнее время для исследования качества пара Энергетическим институтом Академии наук СССР был разработан и применен метод радиоактивных изотопов, позволяющий измерять в лабораторных и стендовых условиях ничтожные загрязнения пара (тысячные и десятитысячные доли мг/кг).

Этим методом было установлено, что при снижении солевого содержания котловой воды до 5 мг/кг и даже ниже солевого содержания пара продолжает неуклонно снижаться, почти пропорционально солевого содержанию котловой воды соответственно кривой б<sup>2</sup>. Поэтому для снижения солевого содержания пара следует добиваться возможно более низкого солевого содержания котловой воды, конечно, если это не связано с заметным удорожанием эксплуатации.

При питании котлов высококачественным конденсатом солевого содержания котловой воды даже при весьма малом проценте продувки значительно меньше «критического» и составляет лишь 150—200 мг/кг. Поэтому вопрос о применении для таких случаев ступенчатого испарения не ставился. Ступенчатое испарение вводилось, как правило, для котлов, питаемых конденсатом со значительным добавком химически очищенной воды с целью уменьшения величины продувки при сохранении прежнего качества пара или для улучшения качества пара при сохранении прежней величины продувки. Лишь в отдельных случаях оно применялось Орггрэс при умеренном солевого содержании питательной воды, причем и в этих

<sup>1</sup> А. А. Кот, Отложение солей по тракту пароперегреватель — турбина в установках высокого давления, Сборник «Пар высокого давления в энергетике», Госэнергоиздат, 1950, стр. 139.

<sup>2</sup> М. А. Стырикович и др., Генерация пара сверхвысоких параметров, МЭИ, 1950, стр. 145.

случаях солесодержание чистого отсека поддерживалось не ниже 200—400 мг/кг.

Однако необходимо отметить, что на практике бывают случаи интенсивного заноса турбин конденсационных станций даже при относительно хорошем качестве пара ( $S_n = 0,1 \div 0,2$  мг/кг) и невысоком солесодержании котловой воды (200 ÷ 400 мг/кг).

Уменьшения заноса турбин, естественно, можно добиться снижением солесодержания пара, что согласно современным представлениям (кривая б) может быть сделано за счет соответствующего снижения солесодержания котловой воды. Для этого, чтобы не увеличивать продувку и не снижать, следовательно, экономичности котлоагрегата, целесообразно применять ступенчатое испарение и для котлов конденсационных электростанций, питаемых водой с очень низким солесодержанием. При этом концентрация солей в котловой воде, из которой будет получаться основная масса пара, будет весьма малой. При питании котла высококачественным конденсатом с общим солесодержанием 0,15 — 0,5 мг/кг и паропроизводительности соленого отсека лишь 5%, солесодержание котловой воды чистого отсека составит всего 3—10 мг/кг\*. Солесодержание же в соленом отсеке (при продувке 0,25%) будет доходить до 60—200 мг/кг\*.

Следует отметить, что при указанных солесодержаниях конденсата количество солей жесткости составляет обычно лишь 30—60% от полного солесодержания и жесткость конденсата колеблется от 0,002 до 0,010°Н. Следовательно, в чистом отсеке жесткость котловой воды должна была доходить лишь до 0,04—0,2°Н.

В связи с весьма малым солесодержанием и жесткостью котловой воды чистого отсека возможен отказ от применения коррекционных методов обработки котловой воды для чистого отсека с сохранением этих методов обработки лишь для соленого отсека. В связи с этим для подавляющей части поверхностей нагрева будет обеспечен не только безнакипный, но и бесшламовый режим, что существенно повысит надежность работы поверхностей нагрева<sup>3</sup>. Шламообразование будет иметь место лишь для ограниченных поверхностей нагрева II ступени испарения, в качестве которых в ряде случаев могут быть выбраны поверхности нагрева с невысокими тепловыми нагрузками. Циркуляционные контуры этих поверхностей нагрева могут быть соответствующим образом конструктивно оформлены для наиболее целесообразного выведения шлама из потока и удаления его из котла. В этом случае величина паропроизводительности II ступени испарения или, что то же, величина продувки чистого отсека должна быть выбрана такой, чтобы не было достигнуто произведение растворимости ни для одной из солей накипеобразователей.

Высказывались опасения, что возможно повышение концентрации солей в пограничном слое кипящей воды вблизи поверхности нагрева во

много раз по сравнению с основным потоком воды в трубах и за счет этого — выпадение накипи задолго до достижения котловой водой произведения растворимости накипеобразователей.

Однако работами автора и его сотрудников в ЭНИН Академии наук СССР было установлено, что подобные явления могут иметь место лишь при грубых нарушениях циркуляции (расслоение, свободный уровень и т. п.). При нормальной циркуляции отложение солей даже при весьма высоких тепловых нагрузках поверхности нагрева (до 500—600 тыс. ккал/м<sup>2</sup> час) наблюдается лишь при концентрациях основной массы кипящей жидкости, весьма близких к насыщению<sup>4</sup>. Недавно это проверено в лаборатории кафедры котельных установок МЭИ им. Молотова (автор и ассистент Резников) для легкорастворимых солей (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и NaCl) вплоть до насыщенных растворов и давлений до 100 ата.

В опытах ЭНИН появление и исчезновение «прятания» солей в горизонтальных трубах осуществлялось по желанию экспериментатора путем изменения циркуляционных условий, причем момент начала расслоения хорошо совпадал с началом отложения солей<sup>5</sup>. Эти опыты проводились до давления 200 ата и тепловых нагрузок до 250 тыс. ккал/м<sup>2</sup> час на полную окружность труб.

Таким образом, можно считать доказанным, что при нормальной циркуляции отложения солей на поверхности нагрева из ненасыщенных растворов не наблюдается. При наличии же расстройств циркуляции и коррекционные методы ни в какой мере не обеспечивают отсутствия отложений на поверхности нагрева<sup>6</sup>.

К сожалению, до сего времени нет достаточных данных по растворимости ряда солей при высоких температурах для определения допустимой жесткости котловой воды в зависимости от давления в котле и содержания в котловой воде отдельных анионов. Вместе с тем практический опыт работы ряда котлов на бескоррекционном режиме и отсутствие накипеобразования имеется лишь при давлении до 40 ата при солесодержании котловой воды 2—10 мг/кг.

При высоких и сверхвысоких давлениях, когда растворимость большинства типичных накипеобразователей заметно снижается, обойтись без коррекционной обработки, конечно, много труднее. Однако при хорошей плотности конденсаторов и не слишком высокой жесткости охлаждающей воды в ряде случаев, вероятно, возможно будет отказаться от фосфатирования и при высоком давлении. Во всяком случае желательны проведение соответствующих исследований для установления пределов применимости бескоррекционного режима. До проведения таких исследований или при сильно переменной жесткости кон-

<sup>4</sup> М. А. Стырикович и Е. А. Казакова, К вопросу о механизме отложения солей на поверхности нагрева при интенсивном парообразовании, Доклады Академии наук СССР, новая серия, 1949, оттиск из тома LXVIII, № 5.

<sup>5</sup> М. А. Стырикович и др., Генерация пара сверхвысоких параметров, 1950, стр. 145.

<sup>6</sup> Ю. М. Кострикин, Процессы накипеобразования, Сборник «Пар высокого давления в энергетике», Госэнергоиздат, 1950, стр. 193—200.

\* Без коррекционных добавок (фосфат, щелочь).

<sup>3</sup> Естественно, что в этом случае желательно предусмотреть возможность ввода фосфатов и в чистый отсек на случай резкого ухудшения плотности конденсаторов.

денсата потребуется коррекционная обработка и в чистом отсеке.

Расчеты показывают, что в этом случае паропроизводительность соленого отсека может выбираться в пределах 3—6%. В связи с малой паропроизводительностью II ступени испарения целесообразно выполнить ее паровой объем в виде одного-двух выносных циклонов, что достаточно даже для мощного котлоагрегата. Такая схема организации ступенчатого испарения применялась в течение последних лет Оргрэс и ЦЭМ и успешно работает на ряде мощных котлов<sup>7</sup>.

В начале 1951 г. предлагаемая схема была осуществлена на мощном котле среднего давления и работает вполне удовлетворительно. Солеосодержание пара после реконструкции сократилось в два-три раза.

Коррекционная обработка котловой воды проводится путем введения в чистый отсек фосфатов, причем в соленом отсеке избыток поддерживается на уровне 20—30 мг/кг, т. е. того же порядка, что и до реконструкции на котле в целом. При этом, поскольку условия водного режима в соленом отсеке не изменились, защита поверхностей нагрева, включенных в этот отсек, должна считаться достаточной. Что же касается чистого отсека, то, как известно, режим фосфатирования более полно защищает от накипеобразования первые ступени испарения, чем последующие<sup>8</sup>.

Поэтому, несмотря на малую величину избытка  $PO_4$  в чистом отсеке, накипеобразование в нем ввиду весьма малых концентраций в котловой воде чистого отсека ионов-накипеобразователей еще менее вероятно, чем в котле до реконструкции.

<sup>7</sup> В. Н. Ноев, Опыт осуществления трехступенчатого испарения в паровых котлах, Сборник „Наладочные и экспериментальные работы Оргрэс“, Госэнергоиздат, 1951, вып. 1, стр. 18—21.

<sup>8</sup> Ю. М. Кострикин, Процессы накипеобразования, Сборник „Пар высокого давления в энергетике“, Госэнергоиздат, 1950.

Ступенчатое испарение с малым процентом паропроизводительности II ступени испарения в качестве мероприятия, снижающего солеосодержание пара и уменьшающего занос турбины солями, приобретает особенное значение для котлов высоких и сверхвысоких давлений, так как в этом случае увеличивается опасность заноса турбин солями, что требует значительного снижения солеосодержания пара по сравнению со средним давлением. Кроме того, как известно, молекулярный унос паром высокого и сверхвысокого давлений некоторых составляющих котловой воды может быть уменьшен только за счет снижения концентрации этих веществ в котловой воде, что может быть сделано гораздо проще (и дешевле) за счет введения ступенчатого испарения, чем усложнением предварительной обработки добавочной химически очищенной воды. Для уменьшения молекулярного уноса при сверхвысоких давлениях обычно применяется промывка всего пара питательной водой. Введение ступенчатого испарения позволяет осуществлять промывку только для пара II ступени испарения, а не для всего расхода пара, что значительно упрощает конструктивное оформление промывки.

Ступенчатое испарение с малым процентом паропроизводительности II ступени испарения может быть рекомендовано для котлов, питаемых водой с незначительным солеосодержанием при любых давлениях, вплоть до сверхвысоких, в качестве мероприятия, снижающего солеосодержание пара и уменьшающего занос турбины солями.

Учитывая большую эффективность и простоту такой схемы, целесообразно применять ее в серийных котлах средней и большой мощности. При этом на электростанциях с большим солеосодержанием питательной воды будет получаться (путем установки в барабане предусмотренных в серийных котлах устройств для обычной ступени испарения) весьма эффективная для этих условий схема грехступенчатого испарения.



# Опыт автоматизации пылесистем

Инж. Б. Л. Кутман и инж. Д. К. Миронов

Автоматическое регулирование работы пылеприготовительной установки призвано постоянно поддерживать режим, обеспечивающий максимальную производительность мельниц и минимальный удельный расход электроэнергии.

Режим пылесистемы персонал ведет и контролирует по сопротивлению отдельных элементов тракта (мельница, сепаратор, циклон), по температуре аэросмеси за мельницей, тонкости помола и по нагрузке двигателей мельницы, мельничного вентилятора, вентилятора первичного воздуха.

Сопротивление мельницы является основным фактором, по которому персонал ведет ее режим. При ручном регулировании загрузки мельница часто работает недогруженной в основном потому, что персонал регулирует подачу сырого угля от случая к случаю. При этом колебания сопротивления приводят к значительным изменениям расхода воздуха через систему (табл. 1).

Таблица 1

Наименование показателей	Система 1А Мельница 250/380		Система 3А Мельница 287/430		Система 4А Мельница 287/470	
	при сопротивлении мельницы, мм вод. ст.					
	$\Delta S=170$	$\Delta S=245$	$\Delta S=90$	$\Delta S=155$	$\Delta S=95$	$\Delta S=160$
Расход первичного воздуха, м <sup>3</sup> /час . . . . .	28 600	24 800	55 200	48 600	34 200	31 800
Давление первичного воздуха на горелках, мм вод. ст. . . . .	95	55	110	80	110	75
Тонкость помола $R_{88}$ , % . . . . .	—	—	33—36	23—25	27—31	19—22

Основная задача авторегулирования пылесистемы состоит в том, чтобы свести к минимуму перечисленные недостатки, что позволит поддерживать работу пылесистемы постоянно на оптимальном режиме.

Автоматизации подвергаются два основных процесса, определяющих производительность системы и удельный расход электроэнергии на помол, а именно: регулирование загрузки мельницы топливом и регулирование расхода воздуха через систему.

В конце 1950 г. служба наладки Молотовэнерго провела испытание и начала внедрять на электростанциях схему авторегулирования пыле-

системы, где расход воздуха регулируется колонкой регулятора постоянства смеси (КРПС), которая получает импульс по перепаду на шайбе, установленной в пылепроводе от циклона к мельничному вентилятору; при этом колонка воздействует на шибер перед вентилятором (рис. 1).

Работа двух пылесистем по этой схеме представлена в графиках изменения сопротивления мельницы, давления и расхода первичного воздуха во времени (рис. 2). Наличие регулятора постоянства расхода предотвращает перегрузку мельницы, так как при повышенной загрузке он открывает шибер перед мельничным вентилятором и сохраняет оптимальную скорость вентиляции. Из графиков видно, что пики, появляющиеся в сопротивлениях мельницы, являются кратковременными (точки *a* пылесистемы 1А и точки *b* пылесистемы 6Б) и уже через 1—2 мин. сопротивление мельницы становится нормальным. При кратковременных снижениях сопротивления мельницы сохранение постоянства расхода воздуха исключает резкие колебания тонкости помола; при этом колебания давления в коллекторе первичного воздуха настолько малы, что на режим топки не влияют.

Колонка регулятора постоянства смеси, как видно, вполне справляется с задачей поддержания постоянства расхода воздуха. Снижение расхода в точках *в*, *г* и *д* объясняется недостаточностью напора мельничного вентилятора для

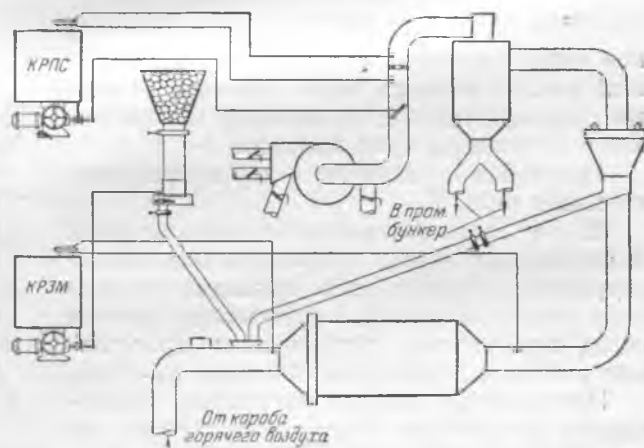


Рис. 1. Схема авторегулирования пылесистемы с импульсом расхода по шайбе перед мельничным вентилятором.

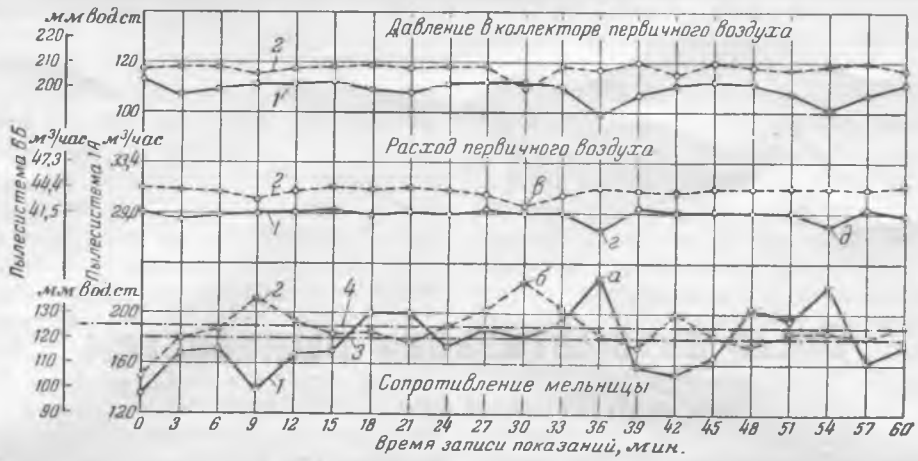


Рис. 2. Изменение сопротивления мельницы, давления и расхода первичного воздуха.

1 — пылесистема 1А; 2 — пылесистема 6Б; 3 — заданное сопротивление мельницы 1А; 4 — за данное сопротивление мельницы 6Б.

преодоления возросшего сопротивления мельницы.

Таким образом, данная схема авторегулирования почти целиком ликвидирует недостатки ручного регулирования.

На большинстве пылесистем установлены мельничные вентиляторы с запасом по производительности в 10—15%. Поэтому в рабочих условиях вентиляторы ограничиваются по производительности и напору прикрытием сбросных шиберов на пылепроводы или общего шибера перед мельничным вентилятором.

Перед включением колонок регулятора загрузки мельниц (КРЗМ) и регулятора постоянства смеси рядом опытов определяется оптималь-

вентильатором. При наличии запаса по производительности в 10—15% шибер перед мельничным вентилятором работает в диапазоне 50—100% по указателю положения открытия шибера, т. е. среднее рабочее положение его 75—80% открытия, когда сопротивление на шибере равно 20—60 м.м. вод. ст.

На рис. 3 приведен график изменения производительности мельничного вентилятора и сопротивления шибера в зависимости от процента открытия шибера на пылесистеме 3А (мельница 287/430, мельничный вентилятор 50/1000 Подольского завода).

Положение равновесия колонки регулятора постоянства смеси настроено на 56% открытия шибера с расходом  $V_{m.ш.} = 53\,500 \text{ м}^3/\text{час}$ . Опыты показали, что колонка регулятора постоянства смеси работает в основном в диапазоне открытия шибера 54—100% и среднее (за опыт) положение шибера 70—80% (записи показаний делались через 3 мин.). Поэтому можно считать, что потери на шибере определяются его открытием на 70—80% и равны для данной системы 50—60 м.м. вод. ст. На этой системе достигнут наибольший эффект: производительность мельницы повышена на 18,4%, удельный расход электроэнергии снижен на 12%. Это объясняется переходом на несколько повышенную неизменяющую на всех

Таблица 2

Наименование показателей	Колонка регулятора загрузки мельницы	Колонка регулятора постоянства смеси
Временная неравномерность при закрытом изодроме, м.м. вод. ст. . . . .	30*	18
Время изодрома, сек. . . . .	48	1,5
Открытие винта колокола, обор. . . . .	1/2	1/4
Нечувствительность, м.м. вод. ст. . . . .	4	2

\* Изодром заполнен маслом.

ное сопротивление мельницы и оптимальный расход воздуха через систему (с учетом режима топки), на которые настраиваются регуляторы этих колонок.

Настройка колонок характеризуется данными табл. 2.

Ввиду того, что сопротивление мельниц и перепад на шайбе носят несколько пульсирующий характер (что вызывает излишнюю работу колонок), в импульсных линиях перед мембранами установлены дроссельные шайбы с проходным сечением 1—2 мм.

Приведенные данные настройки обеспечивали устойчивую работу колонок при хорошей чувствительности. Недостатком данной схемы является наличие сопротивления на прикрытом шибере перед мельничным

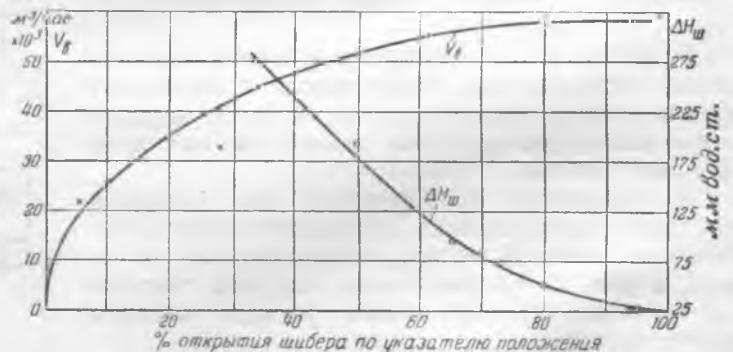


Рис. 3. Изменение производительности мельничного вентилятора и сопротивления шибера в зависимости от степени открытия шибера (в %).

Наименование показателей	Система 1А Мельница 287/510		Система 6Б Мельница 287/470		Система 1Б Мельница 250/390		Система 3А Мельница 287/420	
	Авторегулирование	Ручное регулирование	Авторегулирование	Ручное регулирование	Авторегулирование	Ручное регулирование	Авторегулирование	Ручное регулирование
Шаровая загрузка, <i>т</i> . . . . .	28,3		28,0		19,0		28,2	
Влажность топлива, % . . . . .	5,05	4,86	4,1	4,38	4,58	4,83	5,98	5,28
Колебания влажности топлива в пределах, % . . . . .	4,3—5,4		4,1—5,4		3,6—5,01		4,6—6,3	
Качество дробления $R_{10}$ , % . . . . .	31,4	27,9	26,5	28,3	25,7	25,0	24,6	25,3
Тонкость помола $R_{88}$ , % . . . . .	27,5	24,7	24,9	23,8	26,4	24,6	25,2	24,3
Производительность мельницы, <i>т/час</i> .	21—21,5	19,5	19—20	17—18	12	10,5	19—20	16—17
Удельный расход электроэнергии на пылеприготовление, <i>квтч/т</i> . . . . .	33—34	36—37	31—32	34—35	29—30	32—33	30—31	34—35

режимах вентиляцию после включения колонки регулятора постоянства смеси.

Недостаток рассмотренной схемы авторегулирования пылесистем, связанный с потерями на шибере, не умаляет ее преимуществ и экономическую целесообразность внедрения данной схемы.

В настоящее время по рассмотренной схеме авторегулирования в энергосистеме работают пять пылесистем. Результаты от их внедрения в сравнении с ручным регулированием видны из табл. 3, составленной на основании опытов службы наладки.

Практика эксплуатации пылесистем на авторегулировании показала их надежность и удобство, а также более высокие экономические показатели.

## Выводы

1. Автоматическое регулирование пылесистем с сохранением постоянства расхода воздуха повышает производительность мельницы на 12—18% и снижает удельный расход электроэнергии на пылеприготовление на 6—12%.

2. Перевод пылесистемы на указанную схему авторегулирования почти целиком освобождает персонал от ведения режима пылесистемы и дает возможность одному коцегару обслуживать два котла с четырьмя пылесистемами, что фактически имеет место на двух электростанциях энергосистемы.

3. Указанные преимущества авторегулирования пылесистемы реализуются в полной мере при небольших колебаниях качества топлива: для кизеловского угля настройка регуляторов остается постоянной при колебаниях влажности рабочего топлива в пределах 1—1,5% и качества дробления 4—5% остатка на сите  $R_{10}$ .

4. Недостатком указанной схемы является дополнительная потеря на регулирующем шибере 20—60 мм вод. ст.

5. Для полного освобождения персонала от вмешательства в режим пылесистемы целесообразна автоматизация регулирования температуры аэросмеси за мельницей, причем желательно применять для этой цели регуляторы упрощенной и надежной конструкции, так как опыт двухлетней эксплуатации электронных регуляторов на данном объекте себя не оправдал ввиду их ненадежности и сложности.



# Унос кремниевой кислоты паром высокого давления

Канд. техн. наук А. А. Кот

Изучение уноса кремниевой кислоты паром в котлах повышенного и высокого давления показывает, что степень этого уноса различна. Имеющиеся в настоящее время данные позволяют сделать некоторые предварительные выводы по этому вопросу.

В табл. 1 приведен состав отложений, снятых с лопаток турбин пяти станций различного давления. Характерным для этих станций является то, что кремниевая кислота при давлении поступающего в турбину пара до 80 ат отлагается преимущественно в виде хорошо растворимого в воде силиката натрия ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Потерянную мощность этих турбин восстанавливают обычными промывками увлажненным паром. В турбинах же давления 100—120 ат кремниевая кислота отлагается преимущественно в нерастворимой форме (аморфная  $\text{SiO}_2$  и кварц).

Данные графика (см. рисунок) показывают, что унос кремниевой кислоты паром находится в прямой зависимости от концентрации ее в котловой воде. Однако степень уноса неодинакова не только для котлов различного давления, но и для котлов одного и того же давления (см., например, на рисунке 1 кривые 1 и 4, 2 и 3).

Повидимому, на степень уноса кремниевой кислоты влияют также конструктивные особен-

ности котлов и сепарационных устройств и состав котловой воды. Наименьшая концентрация кремниевой кислоты в паре (кривая 4) получилась на котле 120 ат, в котором подвод питательной воды осуществлен над нижним дырчатым листом. В результате этого происходила, повидимому, частичная промывка пара более разбавленной котловой водой над этим листом.

Таблица 1

Состав отложений на лопатках турбин различных давлений (в процентах)

Наименование определений	Турбина 30 ат	Турбина 60 ат	Турбина 65 ат	Турбина 80 ат	Турбина 100 ат	
					8-я ступень	13-я ступень
Растворимые в воде отложения:						
$\text{Na}_2\text{SiO}_3$ . . . . .	42,00	20,02	20,84	2,11	8,00	0,00
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ . . . . .	3,00	16,98	0,61	—	0,00	0,00
$\text{Na}_2\text{SO}_4$ . . . . .	7,00	2,34	2,73	1,63	0,00	0,00
$\text{NaCl}$ . . . . .	3,500	19,80	53,20	6,60	12,00	0,00
$\text{Na}_2\text{CO}_3$ . . . . .	38,00	24,40	4,60	9,15	0,00	0,00
Потеря при прокаливании . . . . .	0,50	—	14,24	7,50	3,00	10,00
Нерастворимые в воде отложения:						
$\text{SiO}_2$ . . . . .	0,50	3,00	0,76	8,09	61,50	78,00
$\text{R}_2\text{O}_3$ . . . . .	1,00	9,50	2,12	40,00	10,00	8,00
$\text{CaO}$ . . . . .	2,500	1,50	0,69	9,90	3,00	2,00
$\text{SO}_3$ . . . . .	—	—	—	1,73	—	—
$\text{P}_2\text{O}_5$ . . . . .	2,00	1,50	0,20	10,00	2,50	2,00

Имеющийся опыт эксплуатации ряда электростанций с давлением пара 100—120 ат показывает, что при содержании в насыщенном паре около 0,05 мг/кг кремниевой кислоты затруднений в эксплуатации турбин не наблюдается, а при 0,1 мг/кг имело место интенсивное загрязнение лопаток отложениями. Какова наиболее опасная величина содержания кремниевой кислоты в паре, сказать пока трудно. Из осторожности следует рекомендовать допустимую концентрацию кремниевой кислоты в насыщенном паре примерно 0,06 мг/кг. Из графика на рисунке видно, что выбранная предельная величина содержания кремниевой кислоты в паре для котлов 100—120 ат в одних случаях достигается при содержании в котловой воде 7—8 мг/кг  $\text{SiO}_3^{-2}$ , а в других — при 15—20 мг/кг. Можно рекомен-

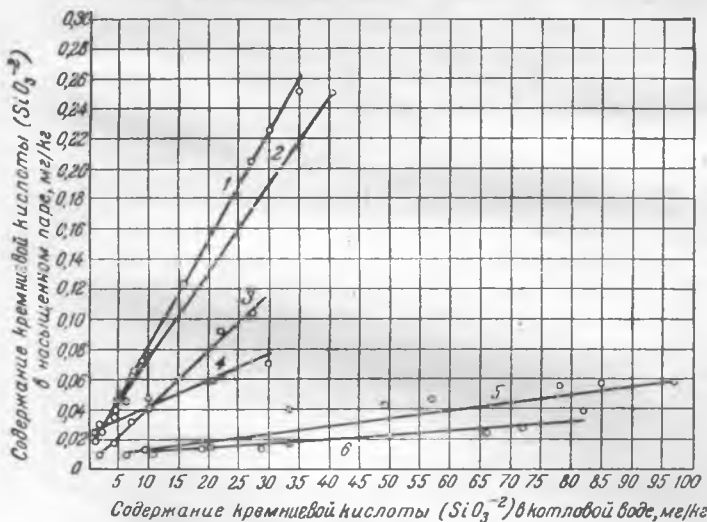


График зависимости содержания кремниевой кислоты в насыщенном паре от содержания ее в котловой воде котлов высокого давления.

1, 4 — давление пара 120 ат; 2, 3 — давление пара 100 ат; 5 — давление пара 80 ат; 6 — давление пара 70 ат.

довать в качестве временной нормы содержание кремниевой кислоты в котловой воде котлов с давлением 100—120 ат 7—10 мг/кг.

На электростанциях с котлами 70—80 ат принятое выше предельное содержание кремниевой кислоты в паре (0,06 мг/кг) достигается при концентрации ее в котловой воде ~ 90,0 мг/л. И в этом случае данную максимальную величину следует несколько уменьшить и в качестве временной нормы содержания кремниевой кислоты рекомендовать 60 мг/л.

Применение ступенчатого испарения для котлов высокого давления способствует повышению допустимых концентраций кремниевой кислоты в продувочной котловой воде в несколько раз без ухудшения качества насыщенного пара.

Были проведены исследования уноса кремниевой кислоты насыщенным паром в котле 110 ат (ТП-230) со ступенчатым испарением. Пробы пара отбирались в паропроводящих трубах из середины основного барабана и из правой его половины (рядом с соленым отсеком).

Исследования показали, что концентрация кремниевой кислоты в пробах пара из середины барабана чистого отсека значительно ниже, чем из правой его половины. Как показали дальнейшие исследования, пар в последней точке поступает преимущественно из соленого отсека. Коэффициент уноса<sup>1</sup> кремниевой кислоты паром из середины барабана составляет 0,7—1,0%, в то время как в паре из соленого отсека он равен около 0,12%.

Уменьшение выноса кремниевой кислоты паром соленых отсеков, повидимому, происходит вследствие очистки этого пара от влаги при прохождении его через промежуточную камеру, что дает возможность значительно повысить допустимую концентрацию кремниевой кислоты в продувочной воде (до 40 мг/л).

Надо полагать, что организация сепарации и промывки пара соленых отсеков питательной водой или методом частичной конденсации и сепарации влаги еще в большей степени будет способствовать увеличению допустимой концентрации кремниевой кислоты в продувочной котловой воде. Этот вопрос имеет исключительно большое значение, так как позволит в ряде слу-

<sup>1</sup> Коэффициентом уноса называют отношение содержания кремниевой кислоты в паре к содержанию ее в котловой воде, выраженное в процентах.

чаев отказаться от необходимости декремнизации добавка умягченной воды.

Рекомендуемые выше допустимые концентрации кремниевой кислоты в котловой воде и паре должны быть тщательно проверены и уточнены в длительных эксплуатационных условиях.

При испытании котлов высокого давления было установлено, что концентрация кремниевой кислоты в перегретом паре, как правило, значительно ниже, чем в насыщенном паре и изменяется от 0,00 до 0,03 мг/л. Тем не менее на некоторых станциях при повышенном содержании кремниевой кислоты в насыщенном паре происходит занос лопаток турбин нерастворимыми кремнекислыми отложениями.

По этому поводу автором данной статьи было высказано предположение, что кремневая кислота уносится в основном из котловой воды паром в гидратированной форме, например в форме  $H_2SiO_3$ ,  $(SiO_2 \cdot H_2O)$ , а в пароперегревателе происходит дегидратация этого соединения с образованием  $SiO_2$ . При охлаждении и конденсации проб перегретого пара  $SiO_2$  не определяется обычно применяемыми методами анализа.

Предварительные опыты по обработке проб конденсата перегретого пара фтористыми соединениями ( $NaF$  и  $NH_4F$ ) подтверждают высказанное предположение, так как после такой обработки обнаруживалась концентрация кремниевой кислоты, примерно такая же, как и в насыщенном паре (табл. 2).

Таблица 2

Содержание кремниевой кислоты в насыщенном и перегретом паре, мг/кг

Опыт	В насыщенном паре	В перегретом паре	
		без обработки	после обработки $F^{2-}$
1	0,030	0,008	0,0430
2	0,027	0,006	0,028
3	0,026	0,004	0,036
4	0,048	0,008	0,053
5	0,280	0,031	0,270
6	0,077	0,047	0,078
7	0,086	0,036	0,082

Вопрос о поведении кремниевой кислоты в котлах высокого давления имеет важное значение для обеспечения надежности эксплуатации электростанций и поэтому должен быть изучен дальнейшими исследованиями на стендах и действующих котлах.

#### ОТ РЕДАКЦИИ

*Приведенные в статье данные по уносу кремниевой кислоты из котловой воды паром и по отложению ее соединений на лопатках паровых турбин основываются на опытном материале и представляют большой интерес для электростанций. Однако этих данных еще недостаточно для окончательных выводов и рекомендаций.*

*Редакция журнала обращается с просьбой к читателям поделиться своим опытом и соображениями по затронутому г. Кот важному вопросу.*



# Обескремнивание воды каустическим магнезитом

Инж. В. К. Ткаченко, инж. Л. А. Чернова и инж. Г. К. Шурышкина

При эксплуатации котлов и турбин высокого давления большое значение имеет обескремнивание добавочной воды котлов. Известно несколько способов обескремнивания.

Наиболее доступным из них в настоящее время является метод с применением доломита специального обжига. Однако он не используется из-за отсутствия такого доломита; лишь в последнее время этот способ был применен на химводоочистке электростанции, где обжиг доломита производился самой электростанцией. Были достигнуты удовлетворительные результаты обескремнивания воды.

Так как доломит промышленного изготовления надлежащего качества отсутствует, а обжиг его в стационарных условиях крайне затруднителен, в 1950 г. Химической службой одной из энергосистем была проведена работа по подысканию заменителей доломита из продукции, выпускаемой доломитовыми и магнезитовыми предприятиями, и ее отходов. Исследовалась возможность использования для обескремнивания воды: доломитовых отходов (недопал), каустического доломита, кальцинированного каустического магнезита и каустического магнезита.

Из перечисленных реагентов пригодным для обескремнивания воды оказался только каустический магнезит Саткинского завода «Магнезит».

Каустический магнезит ( $MgO$ ) получается при умеренном обжиге природного минерала магнезита ( $MgCO_3$ ). Обжиг производится в шахтных, тарельчатых и других печах в течение 2 час. Оптимальная температура обжига  $800—850^\circ C$ .

После обжига куски магнезита дробятся в порошок, удельный вес которого составляет 3,0—3,3, а насыпной — 1,1—1,15. Стоимость каустического магнезита составляет 135 руб/т.

Работа по применению каустического магнезита для целей обескремнивания воды была проведена в лабораторных и промышленных условиях. Ее задачей являлось подыскание оптимального режима обескремнивания воды в условиях, близких к работе химводоочисток, с предварительным известкованием и коагуляцией. Лабораторными опытами было выявлено следующее:

1. Каустический магнезит вполне пригоден для обескремнивания воды, содержащей кремнекислоту в количествах от 4 до 45 мг/л  $SiO_2$ . При обескремнивании воды достигается снижение содержания кремнекислоты в химически очищенной воде до 0,8—1,0 мг/л  $SiO_2$ .

2. Оптимальная дозировка составляет 5—7 мг  $MgO$  на 1 мг  $SiO_2$ .

3. Обязательным условием при обескремнивании являются известкование и присутствие шлама в количествах не менее 3 г/л.

4. В отсутствие шлама и при небольшом содержании его, введение коагуляции в значительной мере способствует улучшению процесса обескремнивания. Без коагуляции остаточная кремнекислота составляла 3,5 мг/л  $SiO_2$ ; при коагуляции, в тех же условиях, — 1,9 мг/л  $SiO_2$ . В присутствии достаточного количества шлама коагуляция не дает сколько-нибудь существенного снижения содержания кремнекислоты.

5. С повышением температуры эффект обескремнивания воды возрастает, однако с накоплением шлама влияние температуры снижается; при  $40—60^\circ C$  результаты обескремнивания практически получались одинаковыми.

6. Время взаимодействия воды с каустическим магнезитом должно быть не менее 2 час.; дальнейшее удлинение периода взаимодействия нецелесообразно.

Удовлетворительные данные, полученные в лабораторных условиях, позволили перейти с января 1951 г. к промышленному внедрению этого метода.

Химводоочистка тэц, на которой было применено обескремнивание каустическим магнезитом, работает по схеме известкование—коагуляция—катионирование. Номинальная производительность ее 240 т/час, кратковременно-максимальная — 300 т/час.

Исходной для водоочистки служит речная вода, прошедшая циркуляционную систему конденсаторов турбин и имеющая температуру около  $30^\circ C$ . Характеристика этой воды следующая:

Сухой остаток . . . . .	от 200 до 360 мг/л
Общая жесткость . . . . .	от 5 до $21^\circ N$
Карбонатная жесткость . . . . .	от 4 до $17^\circ N$
Кремнекислота ( $SiO_2$ ) . . . . .	от 4 до 45 мг/л
Окисляемость (в $O_2$ ) . . . . .	от 3,0 до 12 мг/л

Исходная вода содержит также фосфаты в количестве 1—3 мг/л в связи с ее обработкой  $Na_3PO_4$  для предотвращения накипеобразования в конденсаторах.

Поступающая на химводоочистку вода подогревается в теплообменниках до  $38—40^\circ C$  и далее через распределительное устройство направляется в смеситель и на дозаторы известкового молока и коагулянта. Смешанная с реагентами вода проходит в вертикальные железобетонные

отстойники, из которых самотеком направляется в железобетонные, загруженные антрацитом механические фильтры. Осветленная вода собирается в сборных железобетонных баках, откуда насосами направляется на натрий-катионитовые фильтры, загруженные сульфоглем.

Химически очищенная вода употребляется для питания котлов среднего и высокого давления (35 и 110 ата).

Для обескремнивания воды дополнительно устанавливались насос и бак ( $V = 6 \text{ м}^3$ ) для осуществления рециркуляции шлама из отстойников в водопроводящий жолоб.

Для обескремнивания применялся каустический магнезит следующего состава:

Потеря при прокаливании . . . . .	9,50%
Окись магния (MgO) . . . . .	72,42%
Окись кальция (CaO) . . . . .	2,20%
Полуторные окислы ( $R_2O_3$ ) . . . . .	7,73%
Кремнекислота ( $SiO_2$ ) . . . . .	6,0%
Другие примеси . . . . .	2,15%

Каустический магнезит вводился в сухом виде в мешалку известкового молока и дозировался с последним посредством шайбового дозера.

Все опыты на химводоочистке проводились при температуре воды 38—40° С, времени ее пребывания в отстойниках от 2 до 3 час. и производительности установки 225—300  $\text{м}^3/\text{час}$ .

Продувка отстойников была сокращена и производилась один раз в сутки по 3 мин. (в целях накопления шлама). Была введена рециркуляция шлама, который подавался в количестве 1  $\text{м}^3/\text{час}$ . Дозировка коагулянта составляла 0,5° Н. Опыты с каждой дозировкой проводились 2—3 дня. В табл. 1 сведены результаты этих опытов.

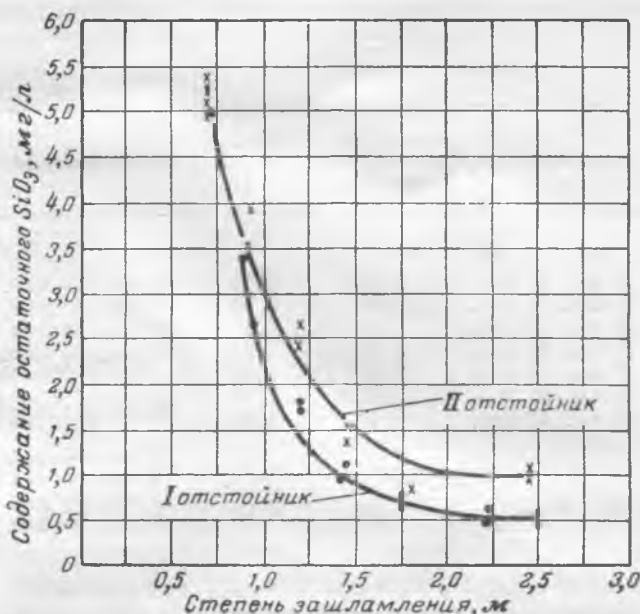
Таблица 1

Дозировка, мг MgO, на 1 мг SiO <sub>2</sub>	Производительность химводоочистки, т час	Содержание SiO <sub>2</sub> в исходной воде, мг/л	Остаточное содержание SiO <sub>2</sub> в химически очищенной воде, мг/л
0	250	18	8,0—9,0
5	280	19	5,0—6,0
7	260	19	2,6—4,0
10	250	17	2,5—3,0
15	300	19	1,2—2,0
20	250	17	1,6—2,0
27	225	17	1,6—1,9

Данные табл. 1 показывают, что до введения каустического магнезита имело место снижение содержания кремнекислоты в химически очищенной воде за счет известкования до 8—9 мг/л SiO<sub>2</sub>, что составляло 50—55% от количества кремнекислоты в исходной воде.

По мере увеличения дозировки каустического магнезита и накопления шлама остаточное содержание кремнекислоты было снижено до 1,6—1,9 мг/л SiO<sub>2</sub>. В данных опытах оптимальная дозировка каустического магнезита, равная 20 мг MgO на 1 мг SiO<sub>2</sub>, получена значительно выше данных лабораторных опытов (7 мг MgO на 1 мг SiO<sub>2</sub>). Это объясняется недостаточным количеством шлама в отстойниках при проведении начальных опытов с дозировками 5—7 мг MgO на 1 мг SiO<sub>2</sub>.

Дальнейшие опыты подтвердили, что оптимальная величина дозировки в эксплуатационных



условиях находится в пределах 10—15 мг MgO на 1 мг SiO<sub>2</sub>.

Исследование влияния зашламления отстойников проводилось на двух отстойниках. Опыты были начаты после полного удаления шлама из отстойников и затем продолжались в течение 5 дней при постепенном его накапливании.

Дозировка каустического магнезита здесь составляла 12—15 мг MgO на 1 мг SiO<sub>2</sub>. Рециркуляция шлама не производилась. Время отстоя воды — 2 ÷ 2,5 час. Исходная вода содержала 19 мг/л SiO<sub>2</sub>. Результаты опытов показаны на рисунке, из которого следует, что остаточное содержание кремнекислоты уменьшалось по мере накапливания шлама и при высоте шлама 2,5 м (от решетки отстойника) оно составило по первому отстойнику 0,55 мг/л SiO<sub>2</sub> и по второму — 0,9 мг/л SiO<sub>2</sub>. Более высокий уровень шлама держать не представилось возможным в связи с выносом его из отстойников.

В табл. 2 представлены результаты опытов по выяснению влияния рециркуляции шлама на обескремнивание воды. Шлам подавался насосом из бачка, который заполнялся через продувочные линии отстойников. Все опыты проводились при наличии высоты шлама в отстойниках от 1,4 до 2,05 м. Как следует из приведенных данных, величина остаточной кремнекислоты мало изменялась при увеличении количества подаваемого шлама от 1,5 до 4,5  $\text{м}^3/\text{час}$ . Таким образом, при наличии шлама в отстойниках 1,5—2 м необходимость в рециркуляции шлама отсутствует. В случае работы отстойников без зашламления или при недостаточном количестве его рециркуляция целесообразна.

Влияние времени отстоя на эффект обескремнивания показано ниже:

Время отстоя, часы	Содержание кремнекислоты в очищенной воде, мг/л SiO <sub>2</sub>
1	1,30
2	0,80
3	0,70
6	0,55
24	0,65
48	0,40
144	0,40

1,5 м <sup>3</sup> /час шлама			3 м <sup>3</sup> /час шлама			4,5 м <sup>3</sup> /час шлама		
Время испытания	Высота шлама в отстойнике, м	Остаточная SiO <sub>2</sub> , мг/л	Время испытания	Высота шлама в отстойнике, м	Остаточная SiO <sub>2</sub> , мг/л	Время испытания	Высота шлама в отстойнике, м	Остаточная SiO <sub>2</sub> , мг/л
12/IV 1951 г.			15/IV 1951 г.			17/IV 1951 г.		
8 час. 50 мин.	2,05	0,75	17 час. 35 мин.	1,75	1,50	8 час. 00 мин.	1,75	1,35
11 час. 30 мин.	1,80	0,95	19 час. 30 мин.	2,05	1,35	10 час. 00 мин.	1,75	1,50
13 час. 30 мин.	1,50	1,0	20 час. 30 мин.	1,95	1,20	11 час. 00 мин.	1,75	1,0
14 час. 40 мин.	1,50	1,05	23 час. 30 мин.	1,95	1,10	13 час. 00 мин.	1,95	1,05
17 час. 30 мин.	2,05	1,10				16 час. 00 мин.	1,65	1,75
18 час. 30 мин.	2,15	1,55	16/IV 1951 г.			17 час. 00 мин.	1,75	1,5
20 час. 40 мин.	1,40	1,40	2 час. 00 мин.	1,95	1,07	19 час. 30 мин.	1,85	1,40
13 IV 1951 г.			5 час. 00 мин.	1,95	0,95	21 час. 30 мин.	2,25	1,35
4 час. 00 мин.	1,33	0,90	11 час. 20 мин.	1,55	1,10			
			13 час. 30 мин.	2,15	1,50			

Таблица 3

Число месяца	Содержание кремнекислоты <sup>1</sup> , мг/л		Число месяца	Содержание кремнекислоты <sup>1</sup> , мг/л	
	май	июнь		май	июнь
1	—	1,0	17	1,0	0,8
2	—	1,0	18	1,0	1,2
3	1,2	1,0	19	1,1	1,0
4	1,2	0,9	20	1,1	0,9
5	1,0	0,9	21	1,1	1,0
6	1,1	1,0	22	1,4	1,1
7	0,9	0,9	23	1,3	0,85
8	1,1	0,9	24	1,0	0,9
9	0,9	0,9	25	1,1	1,0
10	0,9	0,95	26	1,1	1,2
11	0,8	0,7	27	1,1	1,3
12	0,7	0,8	28	1,0	1,7
13	0,7	0,76	29	1,0	—
14	0,8	0,9	30	1,0	—
15	0,7	0,75			
16	1,0	0,9			
			Среднее	1,0	0,9

<sup>1</sup>Содержание SiO<sub>2</sub> в сырой воде равно 20 мг/л.

из чего следует, что практически процесс обескремнивания протекает в течение 2 час. Дальнейшее увеличение времени пребывания воды в отстойнике заметно не улучшает обескремнивания.

Кроме перечисленных, были проведены опыты по выяснению влияния работы механических фильтров на обескремнивание воды и наблюдения за обескремниванием в период паводка. Ими было установлено, что при фильтрации воды через механические фильтры остаточная кремнекислота снижается на 0,5—0,8 мг/л SiO<sub>2</sub>. Повидимому, это зависит от степени осветленности воды, поступающей на фильтры. Наблюдения за работой химводоочистки в период паводка показали, что обескремнивание протекало вполне удовлетворительно и в этот период, а увеличение кремнекислоты в исходной воде с 4 до 45 мг/л SiO<sub>2</sub> не оказывало существенного влияния на величину остаточной кремнекислоты.

Из отрицательных явлений при проведении обескремнивания на химводоочистке тэц следует указать на вынос шлама из отстойников при высоких нагрузках. Это явление связано с неудовлетворительной конструкцией отстойников, из которых и ранее, до ввода обескремнивания, наблюдался вынос шлама. В условиях работы с зашламливанием вынос шлама значительно увеличился.

При исследовании состава выносимого из отстойников шлама было установлено, что окись магния в нем за счет нерастворимой части каустического магnezита составляет небольшое количество (до 20%), так как последний является более тяжелым и накапливается в нижней части отстойника.

В настоящее время на химводоочистке проводятся работы по конструктивному улучшению отстойников в целях предотвращения выноса шлама при высоких нагрузках.

В табл. 3 приводятся эксплуатационные данные по обескремниванию воды.

□ □ □

## Железобетонные пасынки для линий электропередачи

Инж. К. Н. Боголюбский

Пасынки являются наиболее подверженной гниению деталью деревянных опор; средние сроки службы их в супесчаных почвах составляют: для непропитанной сосны 5—7 лет и для сосны заводской пропитки 12—15 лет. Расход леса на пасынки в некоторых энергосистемах составляет 30—50% от всего объема древесины, заменяемой на линии.

Удлинение срока службы пасынков является одной из основных задач работников строительства и эксплуатации линий электропередачи и может быть решено установкой пасынков из железобетона. Применение железобетонных пасынков резко повышает эксплуатационную надежность линий. Изготовление таких пасынков не сложно и может быть осуществлено силами сетевого района.

Ниже освещается опыт Ярославской энергосистемы по производству и установке полых железобетонных пасынков из вибробетона в условиях эксплуатации. Для новых линий изготовление железобетонных пасынков может потребовать иной технологии производства, определяемой объемом и сроком строительства и транспортными условиями или иной конструкцией пасынка, например свайного типа для копровой забивки или вибропогружения.

Железобетонный пасынок представляет собой девяти- или восьмигранную трубу из железобетона с внутренней цилиндрической полостью. Отверстия полости закрываются бетонными пробками. На одной из граней имеется выступ, ограничивающий длину «притеса» пасынка со стойкой.

Для изготовления пасынка ОргрЭС дана оправдавшая себя конструкция инвентарной металлической опалубки. Она состоит из жесткого основания (швеллерная рама на катках), отъемных боковых бортов и торцевых заглушек. Размеры опалубки соответствуют типу (сечению) и длине пасынка.

В энергосистеме к изготовлению принят железобетонный пасынок наружным диаметром 300 мм, толщиной стенок 50 мм, длиной 6,5 м.

Подготовительными операциями производства являются сборка и установка в опалубку каркаса арматуры и сердечника.

Каркас состоит из продольных стержней диаметром 16 мм (рис. 1), приваренных к шести

кольцам наружным диаметром 235 мм, центрующим собранный каркас на сердечнике, и поперечной арматуры (из катанки диаметром 6 мм), наложенной на продольные стержни спиралью, с закреплением вязальной проволокой. Наложение поперечной арматуры производится вручную, без предварительной формовки спирали. Шаг спирали выдерживается в соответствии с расчетными данными.

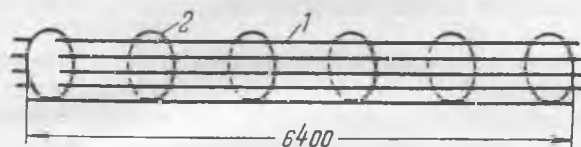


Рис. 1. Продольная арматура каркаса, собранная на сварке (1) и приваренная к шести стальным кольцам (2).

Вес арматуры: продольной 100 кг и поперечной 28 кг. Материал — сталь марки Ст-3.

Конструкция сердечника (внутренней опалубки, образующей полость пасынка) должна обеспечивать возможность многократного его использования и легкого удаления из тела пасынка без нарушения целостности бетонной отливки.

Удовлетворительным решением явилась конструкция сборного сердечника, состоящая из десяти деревянных реек сечением 20—40 мм, длиной 7 м, укрепленных на шести торцевых деревянных кружках диаметром 14,5 мм, толщиной 20 мм. Рейки, собранные на кружках, обертываются внахлестку брезентом (рис. 2).

Для удаления сердечника достаточно выбить торцевые кружки и затем вынуть из образовавшейся полости рейки и брезент.

Перед началом работы металлическую опалубку устанавливают по уровню, проверяют уплотнение в соединениях и смазывают отработавшим автолом поверхность, соприкасающиеся с бетоном.

Каркас арматуры укладывают в опалубку (рис. 3). Расстояние от наружных

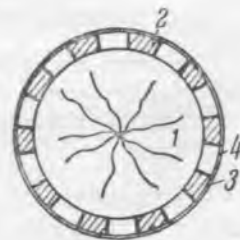


Рис. 2. Сборный каркасный сердечник.  
1 — деревянный кружок;  
2 — рейка; 3 — брезент;  
4 — проволока.

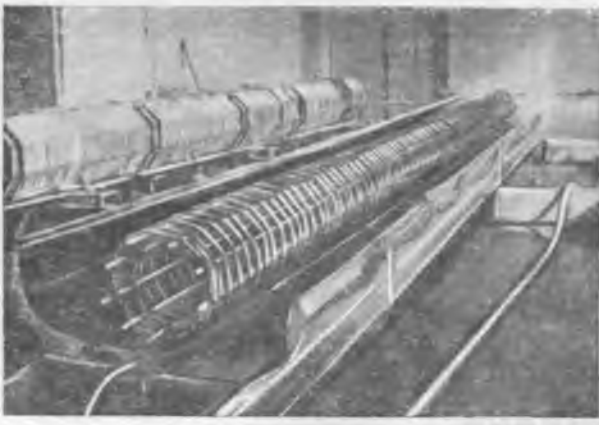


Рис. 3. Каркас пасынка, уложенный в наружную опалубку.



Рис. 4. Установка сердечника внутри каркаса пасынка.

стенки определяются выступами (крючками), приваренными к каркасу. Сердечник заводят внутрь каркаса арматуры (рис. 4), причем его положение определяется проемами в торцевых заглушках опалубки.

Заполнение бетоном полностью собранной опалубки производят через ее верхнюю открытую грань. Три вибратора, расположенные на опалубке (рис. 4), приводятся в действие одновременно с укладкой бетона в сферу действия данного вибратора.

Качество уплотнения бетона контролируется простукиванием заполненной опалубки. Уплотнение считается удовлетворительным при появлении на поверхности бетона избыточной воды. Из того же замеса бетона изготавливаются контрольные кубики.

Через 12 час. после укладки бетона удаляют сердечник и пасынок подвергается прогреву для ускорения созревания бетона.

Прогрев осуществляют теплой водой (из системы отопления), заполняющей внутреннюю полость пасынка. Для этого полость пасынка закрывается с обеих сторон временными пробками с трубками для входа и выхода воды.

Необходимый перепад температуры ( $70^{\circ}\text{C}$  на входе и  $55^{\circ}\text{C}$  на выходе) регулируется количеством поступающей воды, а равномерность прогрева — наложением асбестовых или войлочных матов на тело пасынка.

Через 6 час. после начала прогрева снимают боковые борты наружной опалубки. Через 24 часа прогрев заканчивается и пасынок отправляют на склад готовой продукции, где он и созревает окончательно.

Для одного пасынка требуется:

цемента марки 400 ÷ 500 . . . . .	100 ÷ 150 кг
речного песка, зерно до 5 мм . . . . .	0,25 м <sup>3</sup>
мытого гравия, зерно до 10 мм . . . . .	0,25 м <sup>3</sup>
воды . . . . .	70 л

Водоцементное отношение в замесе выдерживается в пределах 0,45—0,55 по весу.

Готовый к укладке бетон имеет осадку конуса в пределах 4—6 см. Каждая вновь получаемая партия цемента, песка и гравия контролируется лабораторией.

Железобетонный пасынок, выпускаемый цехом, маркируется и снабжается паспортом. В паспорте указывается тип пасынка, дата изготовления и другие данные.

Целесообразно рекомендовать систематическое испытание готовых пасынков, например (для начального периода производства) 1 шт. из партии в 50 шт.

Для неха железобетонных изделий — пасынков и плит — было использовано существующее теплое помещение (рис. 5)

Цех оснащен следующими механизмами и приспособлениями:

Опалубки . . . . .	3 компл.
Бетономешалка на 100 л . . . . .	1
Поверхностные вибраторы типа И-7 завода „Красный маяк“ 36 в с трехфазными трансформаторами к ним типа ТС-0,75 того же завода 0,75 ква, 380—220/38 в . . . . .	3
Вибросито для сортировки гравия (установлено вне цеха) . . . . .	1
Сварочный трансформатор типа СТ-2 220 в . . . . .	1

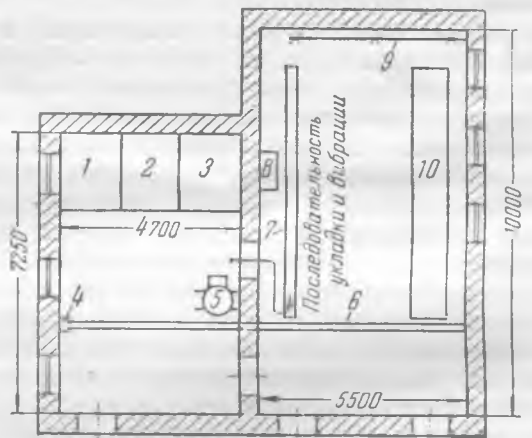


Рис. 5. Схематический план цеха железобетонных конструкций с расстановкой механизмов.

1 — склад цемента на 5 т; 2 — склад подготовленного песка на 3 м<sup>3</sup>; 3 — склад подготовленного гравия на 3 м<sup>3</sup>; 4 — приямок слива горячей воды; 5 — бетономешалка на 100 л; 6 — сливная канава для горячей воды; 7 — опалубка пасынка при укладке бетона; 8 — три трансформатора, питающие вибраторы; 9 — разводка горячей воды; 10 — место для сбора арматурного каркаса и сердечника.

Транспортные работы, связанные с изготовлением пасынков, не механизированы. Рабочий штат цеха состоит из 7 чел. (мастер, бетонщик, 3 арматурщика, 2 разнорабочих). Обычный выпуск цеха — 30 железобетонных пасынков в месяц.

Решающими факторами в пользу применения железобетонных пасынков на линиях электропередачи, несмотря на то, что они дороже деревянных, надо считать снижение эксплуатационных расходов и повышение надежности линии.

Вес одного пасынка (около 1 т) исключает возможность перевозки его гужевым транспортом. Использование трактора затруднено, если дороги имеют усовершенствованное покрытие или проходят по городу. Поэтому основным видом транспорта железобетонных пасынков является автомашина с прицепом.

Хорошим решением вопроса механизации погрузки и установки пасынков является применение автокрана ПАВ-1 грузоподъемностью до 3 т. При отсутствии его для погрузки можно пользоваться ручной лебедкой, затаскивая пасынки по наклонным брускам. В кузове автомашины и на прицепе пасынки укладываются на деревянные колодки с гнездами, предупреждающими от сдвига или случайного удара пасынков друг о друга.

Следует обеспечить перевозку без резких толчков. Выгрузку надо производить на пикете, около опоры, поскольку перевалка пасынков затруднена. Спуск пасынка должен производиться без удара о землю или о другой пасынок автокраном или по наклонным брускам.

При установке пасынка необходимо учитывать

характер грунта на дне котлована. При слабых грунтах пасынок надо ставить точно на место, без дальнейших передвижек, так как под действием собственного веса он уходит в грунт на 100—120 мм. Для плывунов или грунтов, насыщенных водой, железобетонные пасынки применять не следует.

Для слабых грунтов железобетонный пасынок, выполненный по чертежам Орггрэс, нужно снабжать деревянными ригелями, укрепляя их хомутом или проволочным бандажом.

Подъем монтера по железобетонному пасынку производится на обычных столбозазных когтях, рабочая часть которых имеет серпообразный вид с несколькими небольшими зубцами.

## Выводы

1. Каждой энергосистеме, применяющей привозной лес для строительства или ремонта линий электропередачи, можно рекомендовать организовать производство пасынков из вибробетона.

2. Производство должно охватывать широкую номенклатуру типов, длин и «притесов» для обеспечения пригодности пасынков к любому типу опор.

3. При сооружении новых линий 110 кВ на деревянных опорах следует применять, как правило, железобетонные пасынки.

4. ТНЕСГЭИ и Орггрэс следует организовать изучение и обмен опытом по изготовлению и применению железобетонных изделий для линий электропередачи из центрифугированного и вибробетона.



## Механизация работ по прокладке кабелей

Инж. Г. Е. Хромченко

Работы по прокладке кабелей отличаются большой трудоемкостью и требуют одновременного участия большого количества людей. Механизация этих работ дает экономию рабочей силы, снижает себестоимость и, что особенно важно, сокращает сроки выполнения работ.

Наша отечественная промышленность уже в настоящее время выпускает достаточное количество машин для механизации кабельных работ.

Для вскрытия асфальтовых, бетонных, брусчатых и других усовершенствованных мостовых целесообразнее всего применять пневматический бетонолом (рис. 1). Применение бетонолома дает увеличение производительности труда рабочего в 2,5—3 раза: звено на 4 бетонолома состоит из 6 рабочих, из которых 4 работают с бетоноломами, а 2 убирают материал разборки.

Бетонолом может быть использован в качестве высокопроизводительного инструмента для разработки мерзлого грунта. В этом случае зубило сменяется специальной лопатой.

Для рытья траншей шириной 0,5 м и глубиной до 1,2 м. Дмитровский экскаваторный завод Министерства строительного и дорожного машиностроения изготавливает многоковшовый траншейный экскаватор типа ЭТ-121 (рис. 2). Для рытья траншей больших размеров могут применяться траншейные экскаваторы ЭТ-251 или ЭТ-351. В табл. 1 приведены основные характеристики этих экскаваторов.

При пересечении зданий, автогужевых дорог с усовершенствованными покрытиями, железных дорог и других сооружений рытье открытых траншей нецелесообразно, а иногда и невозможно. В этих случаях обычно прибегают к проколу. Гидромеханический способ прокола грунта по предложению инж. Клуеева<sup>1</sup> при всех его достоинствах имеет ограниченное применение. Его нельзя применять под зданиями и сооружениями

<sup>1</sup> Описание этого способа см. „Электрические станции“, 1950, № 7, стр. 46.



Рис. 1. Бетонолом И-37 Свердловского завода «Пневмашстроймашина».

в лессовидных суглинках, в слабых грунтах и пльвунах во избежание их осадки. Также запрещается применять гидромеханический прокол при пересечении железных дорог в песчаном грунте.

По этим причинам чаще всего приходится прибегать к механическому способу прокола грунта с применением домкратов, лебедок, талей. Однако этот способ прокола связан с приложением огромных усилий (десятки и даже сотни тонн) на преодоление силы трения, возникающей при проходе через грунт, на врезание ножа в породу и сжатие породы, обуславливающее ее разрушение.

Большие преимущества перед этими способами имеет вибровакuumный способ прокола, предложенный

канд. техн. наук И. А. Физделем и Г. Э. Параубек, сущность которого заключается в следующем. Тонкостенная стальная труба (снаряд) с режущей стороны заточена. С другой стороны трубы, заделанной наглухо крышкой, установлен электрический вибратор, подведен шланг от вакуумнасоса и жестко прикреплена металлическая штанга (рис. 3). С помощью лебедки и системы блоков труба плотно прижимается к грунту, после чего включаются вакуумнасос и вибратор.

Под действием вибрации происходит преодоление сил внутреннего трения грунта, а разность

Таблица 1

Наименование параметра	Типы экскаваторов		
	ЭТ-121	ЭТ-251	ЭТ-351
Глубина траншей, м . . . . .	До 1,2	До 2,5	До 3,5
Ширина траншей при работе экскаватора без уширителя, м . . . . .	0,5	0,8	0,8
Ширина траншей при работе экскаватора с уширителем, м . . . . .	—	1,1	1,8
Расчетная производительность, м <sup>3</sup> /час . . . . .	90	135	136
Рабочая скорость (скорость рытья траншей), м'/час . . . . .	48—155	22—185	9,65—207
Транспортная скорость, км'/час . . . . .	3,8—8	1,6—4	1,13—4,18
Габариты машины в транспортном положении, м:			
длина . . . . .	4,13	8,5	9,35
ширина . . . . .	2,13	3,7	6,23
высота . . . . .	2,92	3,45	3,28



Рис. 2. Траншейный экскаватор ЭТ-121 Дмитровского экскаваторного завода.

давлений внутри и вне трубы создает давление на крышку, направленное на вдавливание трубы в грунт. Величина этого давления зависит от глубины вакуума и размеров трубы. В течение нескольких минут труба врезается в грунт, после чего вибратор с вакуумнасосом отключается, и производится перезарядка снаряда.

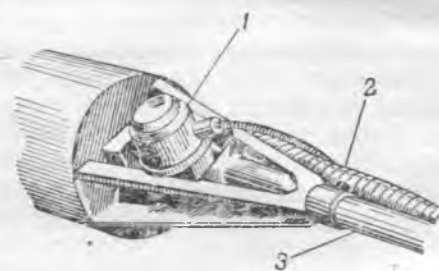


Рис. 3. Вибровакuumный снаряд. 1 — электрический вибратор; 2 — гибкий шланг от вакуумнасоса; 3 — штанга.

Перезарядка заключается в извлечении трубы из проходки, удалении грунта из трубы и удлинении штанги путем наращивания следующего звена.

Операцию повторяют до окончания проходки всего участка. На рис. 4 приведена общая схема проходки вибровакuumным способом.

Вибровакuumным методом осуществлены проколы грунта в Москве на участках со следующими грунтами: плотные супеси, тяжелая пластичная глина, пески с естественной влажностью 5—7%, среднезернистые пески. Скорость проходки находится в пределах от 25 до 3 м в смену.

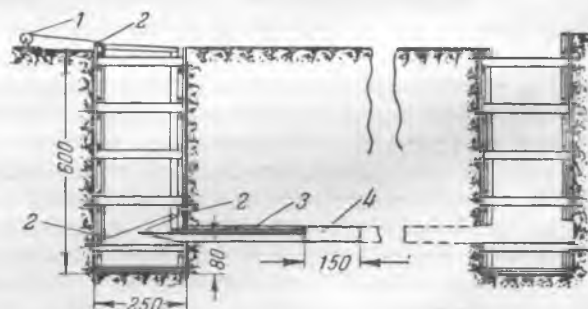


Рис. 4. Схема проходки вибровакuumным способом. 1 — лебедка; 2 — блок; 3 — штанга; 4 — вибровакuumный снаряд.

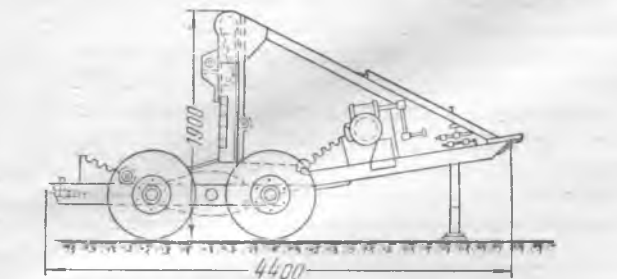
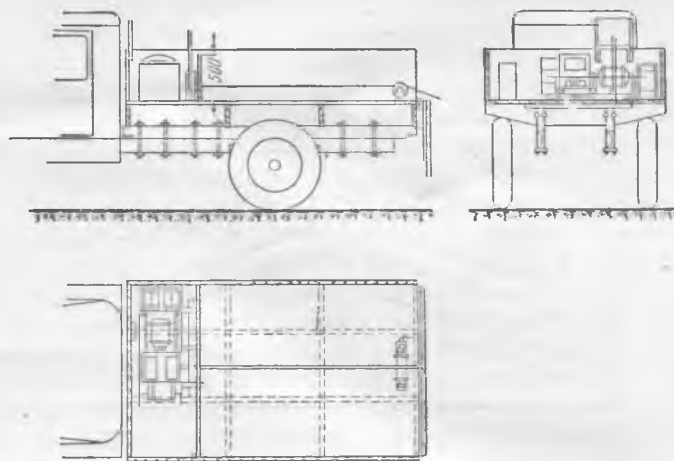
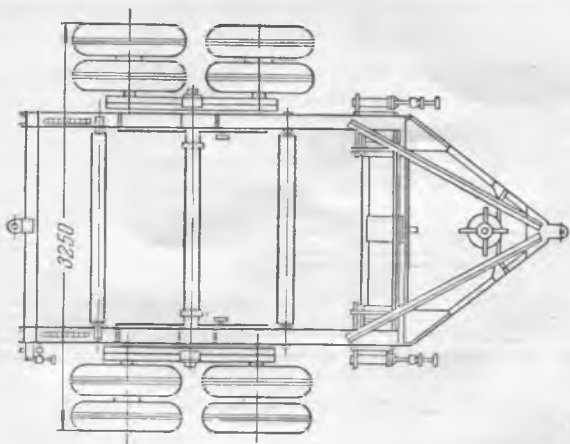


Рис. 5. Тележка для перевозки и прокладки кабеля, применяемая в Кабельной сети Мосэнерго.

Рис. 6. Автомашина, оборудованная фрикционной лебедкой и электродвигателем.

Способ прокладки кабелей с движущегося транспорта является наиболее целесообразным независимо от напряжения, числа прокладываемых кабелей, их сечения и длины, а также и других факторов. Его следует рекомендовать во всех случаях, когда имеется возможность передвижения автомашины или трактора вдоль траншеи и отсутствуют протяжки кабеля через трубы, блоки или туннели.

Верхний предел относится к пескам, а нижний — к тяжелой глине.

После проходки этим способом в грунте образуется скважина, в которую можно ввести трубу для кабеля. По приведенным И. А. Физделем данным под действием вибрации стенки скважины в указанных выше грунтах настолько уплотняются, что после удаления снаряда они остаются вполне устойчивыми и не обрушиваются.

В настоящее время исследуется возможность применения вибрации и без вакуума. В этом случае проталкивающее усилие может быть создано помощью лебедки или талей (но не домкратами, так как они жестко связаны с трубой и глушат колебания, создаваемые вибратором). Труба должна быть открытой, так как через нее происходит удаление нарезанного грунта, который перемещается под действием вибрации. При благоприятных результатах испытания преимущество этого способа будет заключаться в отсутствии необходимости производства частых перезарядок.

Для прокладки кабелей в траншеях могут быть рекомендованы следующие способы:

1. Прокладка с движущегося транспорта. Барабан с кабелем устанавливается на кабельные домкраты в кузове автомашины или на прицеп трактора. Одновременно с движением транспорта вдоль траншеи рабочие, находящиеся около барабана, вращают последний вручную и подают сматываемый конец кабеля в траншею, а находящиеся в траншее рабочие (2—3 чел.) укладывают кабель на дно. При барабане с кабелем весом до 1 250 кг достаточно иметь бригаду в 6 чел. В случае более тяжелых барабанов необходимо добавлять на каждые дополнительные 0,5 т веса (сверх 1 250 кг) по одному рабочему.

Для прокладки кабелей с движущегося транспорта могут быть использованы прицепные кабельные тележки. На рис. 5 изображена тележка для перевозки и прокладки кабеля грузоподъемностью 5 т. Благодаря удачной конструкции тележка может быть использована как для погрузки и разгрузки барабанов с кабелем (с помощью двух встроенных ручных лебедок), так и для перевозки и прокладки кабеля.

2. Прокладка с помощью кабельных роликов тяжением лебедкой. Этот способ прокладки может применяться при нахождении на трассе труб, блоков и туннелей, через которые должен быть протянут кабель.

Вращение барабана с кабелем производится вручную и сматываемый его конец передается в траншею. При этом надо следить, чтобы конец кабеля на барабане не был натянут.

Ритм работы должен регулироваться выделенным для этого лицом.

Для тяжения должны применяться, как правило, лебедки с электроприводом. Могут применяться и специально оборудованные автомашины. Примером такой установки может служить изображенная на рис. 6 автомашина, оборудованная фрикционной лебедкой и электродвигателем. Расположение лебедки дает возможность использовать ее для погрузки барабана с кабелем в кузов, для разгрузки его, а также для тяжения кабеля при протяжке с помощью роликов. Применяют также лебедки с приводом от двигателя самой автомашины.

В случае применения ручных лебедок в начале прокладки имеет место большая нагрузка у рабочих, вращающих барабан, и меньшая — у работающих на лебедке. По мере разматывания ка-

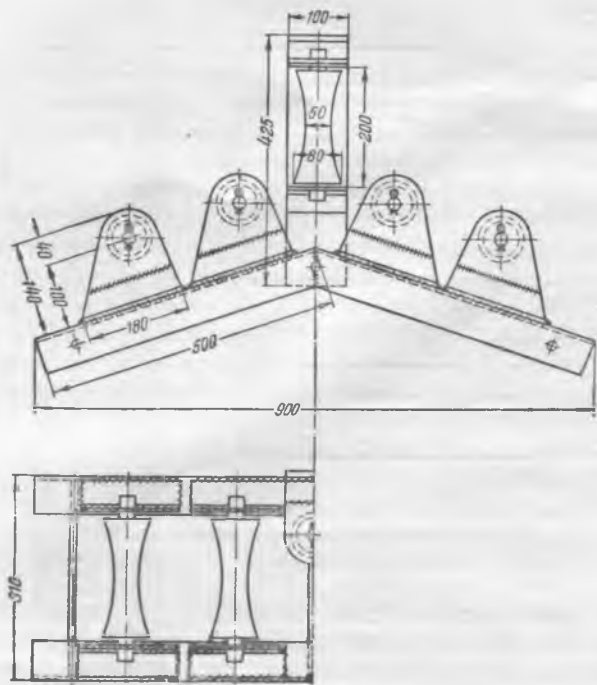


Рис. 7. Угловые ролики для установки на поворотах трассы.

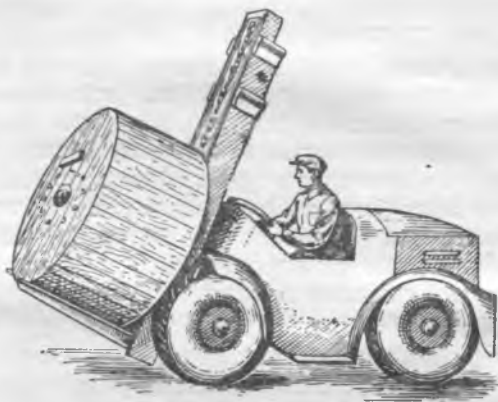


Рис. 8. Погрузка барабана автопогрузчиком.

беля положение меняется и часть людей следует переводить с барабана на вращение лебедки.

Для уменьшения числа перемещений лебедки ее целесообразно установить на границе двух строительных длин кабеля и подвезти барабаны с кабелем так, чтобы один барабан устанавливался в начале первого участка, а другой—в конце второго участка.

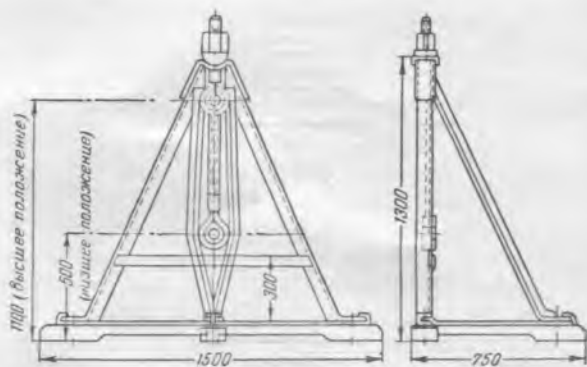


Рис. 9. Домкрат для кабельных барабанов.

Ролики для прокладки кабеля следует расставить по трассе на расстояние 2—3 м друг от друга, а на всех поворотах трассы, кроме того, устанавливаются угловые ролики (рис. 7).

В табл. 2 приведены веса указанных механизмов и приспособлений (в т).

Таблица 2

Лебедки с ручным приводом и тяговым усилием в т:					Ролики для прокладки кабеля	
0,5	1	2	3	5	лпнейные	угловые
0,15	0,392	0,674	0,873	1,5	0,01	0,055

Резко упрощает и облегчает работу по погрузке и разгрузке барабанов с кабелем применение автопогрузчиков (рис. 8).

Для установки барабанов с кабелем на «козлы» вместо устаревших деревянных козел заводы Главэлектромонтажа Министерства строительства предприятий тяжелой индустрии изготавливают кабельные домкраты, конструкция которых показана на рис. 9. Эти домкраты грузоподъемностью 10 т служат как для поддержания кабельного барабана навесу, так и для его подъема.

Для подъема кабельного барабана должен применяться комплект из двух домкратов, устанавливаемых с двух сторон барабана. В качестве оси для барабана может применяться круглая сталь диаметром до 70 мм. Концы этой оси вставляются в кольца винтов домкратов. Поочередным или одновременным вращением гаек осуществляется подъем барабана на необходимую высоту.

Для засыпки кабельных траншей, безусловно, целесообразно применять бульдозеры или автогрейдеры.



# Испытания изоляции крупных электрических машин

Инж. В. Н. Звездкин и инж. Г. Б. Израелит

Вопрос об объеме и методах профилактических испытаний изоляции обмоток статоров крупных электрических машин до настоящего времени еще окончательно не решен. Дискуссия на эту тему, имевшая место на страницах журнала «Электричество» еще в 1949 г., а также статьи по этим вопросам в журнале «Электрические станции» в течение 1950 г. показывают, что до сих пор нет единого установившегося мнения об условиях и методах профилактических испытаний.

Результаты испытаний изоляции обмоток статоров генераторов и синхронных компенсаторов, накопленные за последние годы Высоковольтной лабораторией Ленэнерго, дают возможность сделать некоторые выводы о методе профилактических испытаний выпрямленным напряжением с одновременным измерением тока утечки, а также об условиях, при которых должны производиться испытания генераторов повышенным напряжением.

В настоящее время в Ленэнерго испытание изоляции обмоток статоров крупных электрических машин производится по следующей программе.

## А. Перед капитальным ремонтом

1. Снятие кривых абсорбции мегомметром 2500 в.

2. Измерение угла диэлектрических потерь и емкости при разных напряжениях по мере повышения до величины, равной линейному напряжению машины.

3. Испытание повышенным напряжением переменного тока  $1,3 U_{ном. лин}$  для машин, работающих в блоке с трансформатором, и  $1,5 U_{ном. лин}$  для машин, работающих на шины.

4. Испытание выпрямленным напряжением, равным  $2 U_{ном. лин}$ , с одновременным измерением тока утечки.

Все испытания производятся в горячем состоянии при  $50-70^{\circ}C$ , а по пп. 1 и 4 также и в холодном состоянии. Испытание по п. 2 производится один раз в 5 лет для машин, работающих менее 100 тыс. час., и один раз в 2—3 года для машин, работающих более 100 тыс. час.

## Б. После капитального ремонта

1. Снятие кривых абсорбции мегомметром 2500 в.

2. Испытание выпрямленным напряжением, равным  $2 U_{ном. лин}$ , и измерение тока утечки.

Оценка состояния изоляции производится путем сравнения полученных данных с результатами предыдущих испытаний.

## Испытание выпрямленным напряжением и измерение тока утечки

Недостаточная эффективность применяющихся методов испытания изоляции электрических машин побудила к введению испытания выпрямленным напряжением с одновременным измерением тока утечки. Этот метод при правильном выборе испытательного напряжения может оказаться более эффективным и, безусловно, более легким при производстве испытаний, чем испытания повышенным напряжением переменного тока.

Измерение тока утечки дает возможность определить сопротивление изоляции и местные дефекты при более высоком напряжении и более точно, чем мегомметром. Это подтверждается рядом описываемых ниже случаев, имевших место при производстве профилактических испытаний изоляции обмоток статоров крупных электрических машин.

1. Одним из характерных случаев определения местных дефектов при испытании выпрямленным напряжением с измерением тока утечки явился случай испытания гидрогенератора мощностью 30 тыс. квт, напряжением 11 кв. Испытание производилось сразу же после остановки, в состоянии эксплуатационного загрязнения, при этом была изменена последовательность испытаний повышенным напряжением против принятой обычно программы, т. е. сначала производилось испытание выпрямленным напряжением с измерением тока утечки, а затем напряжением переменного тока. При испытаниях были получены данные, приведенные в таблице.

Фа- вы	t, °C	R, мгом		$K = \frac{R_{60}}{R_{15}}$	t, °C	Ток утечки в мка при напряжениях		
		R <sub>15</sub>	R <sub>60</sub>			5 кв	15 кв	20 кв
A	54	60	120	2,0	50	55	300	>3000
B	52	45	130	2,9	50	45	120	220
C	50	50	135	2,7	48	45	320	1800

Значения сопротивлений изоляции отдельных фаз, измеренные мегомметром 2 500 в, как видно из таблицы, сравнительно мало отличаются друг от друга. Изоляция фазы А, ток утечки которой составлял более 3 000 мка, в конце минуты пробилась. В дальнейшем, после испытания выпрямленным напряжением, изоляция оставшихся фаз была подвергнута испытанию напряжением переменного тока  $1,5 U_{ном. лин.}$ , равным 16,5 кв. Изоляция фаз В и С указанное испытание выдержала. Однако, учитывая, что при предыдущих испытаниях, произведенных при капитальном ремонте в 1949 г., токи утечки при той же температуре были для изоляции всех фаз примерно одинаковы и составляли около 220 мка, а при производстве текущих испытаний ток утечки в изоляции фазы С составил 1 800 мка, было сделано заключение, что изоляция фазы С имеет сосредоточенный дефект, который не выявился при испытании напряжением переменного тока. Поэтому решено было вновь испытать изоляцию фазы С выпрямленным напряжением, увеличив последнее до 25 кв. При испытании указанным напряжением при 25° С были получены следующие величины тока утечки:

U, кв	I, мка
5	45
15	220
20	800
25	>900

При напряжении 25 кв было отмечено возрастание со временем тока утечки и в конце минуты изоляция фазы С пробилась. Изоляция обеих фаз оказалась пробитой в лобовых частях на расстоянии 40—50 мм от стали статора. После произведенного ремонта изоляция вновь была испытана, при этом ток утечки не превосходил 200 мка при 20 кв. Необходимо отметить, что лобовые части обмотки статора генератора были

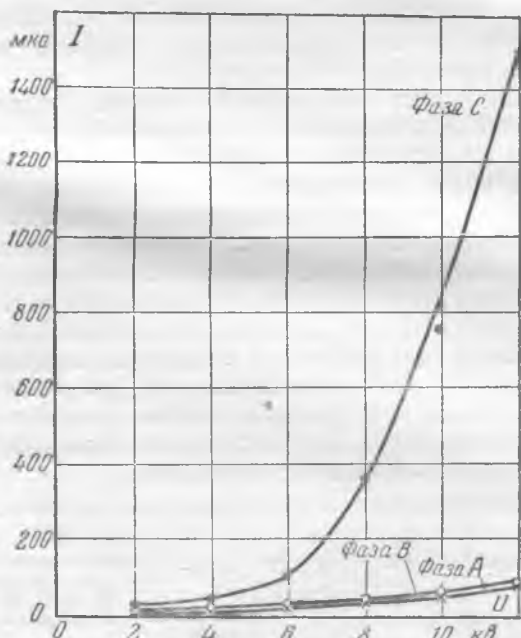


Рис. 1. Зависимость тока утечки от напряжения для изоляции обмоток статора генератора 25 тыс. кв, 6 кв.

сильно загрязнены и перед испытанием не подвергались чистке.

2. Не менее характерным примером определения местного дефекта при испытании выпрямленным напряжением является случай, имевший место при испытании синхронного компенсатора мощностью 5 тыс. кв, напряжением 6,6 кв. После его остановки для производства капитального ремонта он подвергался испытанию в состоянии эксплуатационного загрязнения. Измеренные величины сопротивления изоляции и  $\text{tg } \delta$  для отдельных фаз при этом не отличались от средних эксплуатационных значений для этого синхронного компенсатора. Сопротивление изоляции было равно 2 тыс. мгом и  $\text{tg } \delta = 15\%$  для каждой из фаз при напряжении 8,6 кв и  $t = 32^\circ \text{C}$ .

Испытание в течение 1 мин. повышенным напряжением переменного тока  $1,3 U_{ном. лин.}$ , равным 8,6 кв, изоляция всех трех фаз выдержала.

При испытании выпрямленным напряжением в 12 кв изоляция фаз А и В пробилась. Места пробоев этих фаз оказались в лобовых частях обмотки статора на расстоянии 100—150 мм от стали статора. След разряда шел от места пробоя до стали статора по слою меднографитной пыли на лобовых частях машины. Пыль осела вследствие срабатывания меднографитных щеток и частично колец ротора.

3. Вновь смонтированный турбогенератор 25 тыс. кв, 6,6 кв после сушки был подвергнут испытанию в полном объеме согласно приведенной выше программе.

Измерения сопротивления изоляции мегомметром 2 500 в и  $\text{tg } \delta$  при 8,6 кв и  $67^\circ \text{C}$  дали следующие результаты:

Фаза	R, мгом	$\text{tg } \delta, \%$
А	210	15,4
В	180	14,2
С	74	15,8

Результаты измерений тока утечки представлены на рис. 1.

На основании результатов сравнения величин тока утечки для разных фаз было сделано заключение о наличии в изоляции фазы С местного дефекта, после чего было предложено переизолировать выводные концы этой фазы. Во время вскрытия изоляции на концах в микаленте было обнаружено вкрапление олова. После переизоляции выводных концов и после нагрева машины до той же температуры  $67^\circ \text{C}$  вновь были произведены измерения тока утечки. При повторном испытании ток утечки для всех фаз не превосходил 70—78 мка при 12 кв.

4. Синхронный компенсатор ~ 15 тыс. кв, напряжением 6,6 кв подвергался ремонту после местного повреждения изоляции одной фазы. В этом случае, как показано на рис. 2, ток утечки был повышенным для отремонтированной фазы по сравнению с другими фазами; он уменьшался по мере просушки отремонтированного места, при этом  $\text{tg } \delta$  был одинаков для всех трех фаз, а сопротивление изоляции для каждой из фаз было около 100 мгом при  $60^\circ \text{C}$ .

5. После частичной замены обмотки статора генератора 16 700 кв, 6,6 кв на заводе генератор был установлен на станции и около двух лет

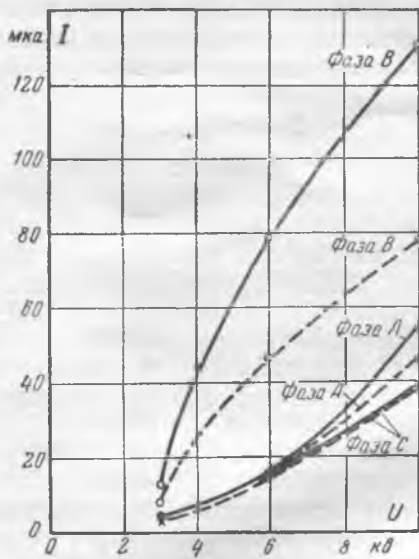


Рис. 2. Кривые зависимости тока утечки от напряжения для изоляции синхронного компенсатора 15 тыс. кВа, 6,6 кВ после ремонта.  
 — после пропечки отремонтированного места; - - - после окончательной сушки машины.

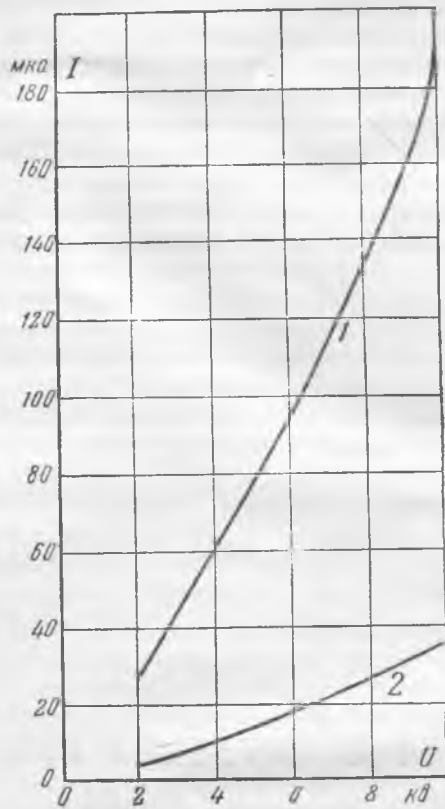


Рис. 3. Зависимость тока утечки от напряжения при 40°С для изоляции обмоток статора генератора 16 700 кВа, 6,6 кВ.  
 1 — перед пуском генератора; 2 — после 2 мес. работы генератора.

не работал, находясь в условиях повышенной влажности.

В дальнейшем, при возникшей срочной необходимости включить генератор в режиме синхронного компенсатора и отсутствии возможности произвести сушку решено было испытать изоляцию выпрямленным напряжением 10 кВ с измерением тока утечки. Указанное испытание генератор выдержал и был включен в сеть на 10 дней в режиме синхронного компенсатора с ограничением температуры, которая не должна была превосходить 40°С.

Затем после измерений, производимых мегомметром, генератор снова включался в сеть — с постепенным увеличением допустимой температуры до 60°С, через 1,5 мес. Через 2 мес. изоляция генератора вновь была подвергнута испытанию выпрямленным напряжением с измерением тока утечки при той же температуре, при которой производились предыдущие измерения.

На рис. 3 показана зависимость тока утечки от напряжения при 40°С, снятая перед пуском генератора, и при той же температуре после двухмесячной работы генератора.

### Об условиях и программе испытаний

В связи с описанными случаями выявления местных дефектов в изоляции при испытании выпрямленным напряжением с измерением тока утечки является целесообразным рассмотреть вопрос об условиях и о программе испытания изоляции электрических машин, затронутый в 1950 г. инж. М. К. Оберучевым<sup>1</sup>, который находит целесообразным перед испытанием изоляции электрических машин производить искусственное увлажнение изоляции обмоток с тем, чтобы выявить нарушение монолитности изоляции (местные де-

фекты). Тогда же редакцией журнала рекомендовалось провести всестороннюю экспериментальную проверку предложений автора, и в первую очередь целесообразность испытания изоляции машин в загрязненном состоянии — без предварительной очистки и обдувки.

Позднее противоаварийным циркуляром № 4/Э Технического управления МЭС было предложено изоляцию обмоток генераторов, синхронных компенсаторов и двигателей собственного расхода производить тотчас же после остановки и вывода машины в капитальный ремонт до обдувки и чистки ее.

Приведенные выше случаи испытания изоляции обмоток генераторов и синхронных компенсаторов выпрямленным напряжением с измерением тока утечки свидетельствуют о том, что условия испытания, предусмотренные упомянутым выше циркуляром, являются необходимыми и вполне достаточными для надежного и своевременного выявления дефектов и не требуют принятия дополнительных мер, в виде специального увлажнения изоляции, предлагаемых в статье инж. Оберучевым

Кроме того, положительный опыт испытания изоляции обмоток крупных машин выпрямленным напряжением с измерением тока утечки, накопленный лабораторией, дает основание отнести этот метод к числу важных и эффективных методов и включить его наряду с другими методами в объем испытаний, предусмотренный директивными материалами МЭС.

<sup>1</sup> См. „Электрические станции“, 1950, № 11.

Вторым пунктом противоаварийного циркуляра предусматривается необходимость после окончания капитального ремонта, перед установкой торцовых щитов производить повторное поверочное испытание изоляции напряжением переменного тока величиной, равной  $U_{ном. лин}$ . Повторное поверочное испытание напряжением переменного тока предусматривает обнаружение местных дефектов, которые могут возникнуть в процессе ремонта.

Как видно из приведенных нами примеров, в трех случаях испытание повышенным напряжением переменного тока не выявило дефектов в изоляции и только испытанием выпрямленным напряжением, при котором имеется возможность производить контроль по току утечки, эти дефекты были обнаружены.

Принимая во внимание назначение повторных поверочных испытаний и учитывая опыт испытания выпрямленным напряжением, а также легкость производства испытаний выпрямленным напряжением, представляется более целесообраз-

ным после окончания капитального ремонта производить испытания выпрямленным напряжением с одновременным измерением тока утечки.

## Выводы

Производя оценку метода испытания изоляции обмоток статоров крупных электрических машин выпрямленным напряжением с измерением тока утечки на основе опыта его применения в Ленэнерго, можно прийти к следующим выводам:

1. Испытание изоляции обмоток машин выпрямленным напряжением с одновременным измерением тока утечки хорошо выявляет местные дефекты в изоляции.

2. Необходимо провести исследовательскую работу по определению пробивных напряжений на постоянном и переменном токе для машинной изоляции, одновременно накапливая опыт испытания выпрямленным напряжением эксплуатируемых машин, с тем, чтобы правильно выбрать величину испытательного напряжения.

□ □ □

# Об испытаниях изоляции электрических машин

Инж. С. П. Микульчик

На протяжении 1949 — 1950 гг. испытание обмоток электродвигателей 3 кв на крупной электростанции производилось непосредственно после вывода их в ремонт, до чистки поверхности изоляции.

В 1950 г. двигатели, работающие в тяжелых условиях (приводы мельниц, дымососов и т. д.), подвергались учащенным испытаниям изоляции, т. е. испытывались каждые 3 мес. Это мероприятие дало возможность снизить количество выходов из строя двигателей во время работы по причине пробоя корпусной изоляции приблизительно в пять раз по сравнению с 1949 г.

Испытание изоляции обмоток статоров генераторов производится при максимально возможной температуре обмотки, сразу после снятия торцевых крышек генератора. Предварительная чистка изоляции не производится.

Рекомендуемое инж. М. К. Оберучевым<sup>1</sup> введение пара (пропаривание изоляции) не только нецелесообразно, но, по нашему мнению, даже вредно по следующим соображениям:

1) введение влаги приводит к ржавлению стали статора и ротора;

2) испытание увлажненной обмотки опасно с точки зрения разрушений отдельных слоев изоляции, не сопровождающихся полным пробоем изоляции, что было нами установлено при испытании изоляции стержней статора генератора с целью выяснения опасности увлажнения их<sup>2</sup>.

Испытания, произведенные нами, а также

данные, приведенные инж. Лысаковским<sup>3</sup> в 1950 г., дают основание с полной уверенностью утверждать, что для выявления местных дефектов обмоток вращающихся машин необходимо повышение испытательного напряжения до 1,5—1,7  $U_{ном. лин}$  испытуемого объекта. Выбор этой величины испытательного напряжения диктуется следующими соображениями.

Опыт эксплуатации машин с компаундированной изоляцией показал, что старение ее происходит особенно интенсивно в местах пересечения с вентиляционными каналами и по выходе из паза.

В процессе эксплуатации указанные выше места ослабленной изоляции будут быстро изнашиваться, поэтому испытание напряжением 1,1—1,3  $U_{ном. лин}$  не может дать гарантии безаварийной работы генераторов до следующего капитального ремонта. Испытания как наши, так и ряда других организаций показали полную безопасность приложения напряжения 1,5—2  $U_{ном. лин}$  к сухой генераторной изоляции. Это положение подтверждается также и опытом профилактических испытаний высоковольтных электродвигателей, имеющих изоляцию, по существу ничем не отличающуюся от изоляции генераторов.

Замечание инж. Оберучева по вопросу абсорбционных методов измерения сопротивления изоляции совершенно справедливо, так как при увлажнении поверхности стальные утечки тока действительно искажают истинную картину состояния изоляции.

<sup>1</sup> См. „Электрические станции“, 1950, № 11.

<sup>2</sup> М. С. Калинина, Увлажнение изоляции генераторов, „Электрические станции“, 1951, № 2.

<sup>3</sup> См. „Электрические станции“, 1950, № 10.

□ □ □

## О снижении потерь в электрических сетях

Инж. Т. П. Мусатов

В настоящее время задача снижения потерь в электросетях принимает особо важное значение и на разрешение ее должны быть мобилизованы коллективы сетевых предприятий, привлечена изобретательская и рационализаторская мысль. Очевидно также, что при соответствующем внимании к этому вопросу мероприятия по существенному снижению потерь в сетях могут быть изысканы, разработаны и осуществлены в каждой отдельно взятой электросети.

Ниже приведен ряд примеров, взятых из повседневной практики, когда путем простых и известных мероприятий организационно-технического характера получено соответствующее снижение потерь в электросетях в условиях значительного роста отпуска электроэнергии потребителям.

### Проектирование нового сетевого строительства

Большое значение для снижения потери энергии в эксплуатируемой распределительной сети может иметь правильный учет условий работы существующей сети при проектировании нового сетевого строительства и ориентация этого строительства на общесетевые интересы. Работникам эксплуатации следует принимать непосредственное участие в начальной стадии проектирования нового строительства, корректируя проектные наброски с учетом местных условий. В некоторых случаях учет местных условий позволяет без существенных затрат значительно улучшить конфигурацию работающей сети как для обеспечения бесперебойности электроснабжения, так и в отношении снижения потерь.

Убедительным примером такой возможности служит схема рис. 1, на которой показаны первоначальный вариант трассировки линии 35 кВ к новой подстанции, предложенный проектной организацией (пунктир с точкой), и вариант, осуществленный по предложению эксплуатационного района (пунктир). Дополнительные затраты для второго варианта оказались сравнительно небольшими. Перевод питания подстанции Б непосредственно от шин подстанции 110/35 кВ дал за год уменьшение потерь в 1 227 тыс. кВтч, а питание подстанции А по двум линиям, кроме повышения надежности ее электроснабжения, дало дополнительное снижение потерь за год в 410 тыс. кВтч.

Следует отметить, что, несмотря на отсутствие на подстанции А свободной ячейки для новой линии 35 кВ, работники эксплуатации, отказавшись от шиносоединительного выключателя, своими силами переделали его ячейку под выключатель новой линии.

Отказ от шиносоединительного выключателя мотивировался указанными выше выгодами, а также проверкой, показавшей, что за время предшествующей эксплуатации не было ни разу случая, когда без этого выключателя нельзя было обойтись.

Таким образом, только в результате совместной работы работников эксплуатации и проектной организации было найдено наиболее рациональное решение, обусловившее существенное изменение условий работы эксплуатируемой сети при небольших дополнительных затратах, и, как следствие этого, значительную экономию от снижения потерь электроэнергии.

При наличии тесной увязки нового строительства с вопросами реконструкции эксплуатируемых сетей нередко в результате сравнительно небольших дополнительных капиталовложений может быть получен весьма значительный экономический эффект. В этом отношении следует указать на такое мероприятие, как замена проводов на линиях, имеющих нагрузку, значительно превышающую экономическую, с тем чтобы снятый с линии провод подвешивался на новую линию.

Возможности в этом отношении не ограничены и вполне осуществимы при должной координации нового строительства с нуждами эксплуатации.



## Многokrатное кольцевание распределительных сетей

Несмотря на затруднения с созданием надежной селективности в релейной защите кольцевых сетей, последние получают повсеместное распространение ввиду очевидной экономии средств в результате их применения.

В некоторых случаях представляется возможным обеспечить дальнейшее снижение капитальных вложений в замкнутую сеть, создав дополнительное питание замкнутому кольцу, что порой не используется из опасений ложной работы защиты при коротком замыкании на линиях такого кольца.

Подобный случай приведен на рис. 2, на котором кольцевая сеть 35 кВ получает питание по одной линии электропередачи от шин 35-кВ подстанции 110 кВ, в то время как отходящая от этих же шин другая линия держится разомкнутой из опасений ложной работы релейной защиты в замкнутом кольце. Значительные потери электроэнергии в указанной сети и снижение напряжения у потребителей, в особенности у подключенных к шинам подстанции Б, вызвали необходимость пересмотра такого режима работы.

Анализом условий селективности релейных защит была установлена полная возможность включения дополнительного питания замкнутого кольца по второй линии включением ее выключателя на подстанции. Для этой цели оказалось достаточным на подстанции А на выключателе второго питания установить максимальную защиту мгновенного действия, отстроенную от токов нагрузки. Мгновенное отключение второго питания происходит раньше, чем сработают дистанционные защиты в замкнутом кольце, что обеспечивает их селективную работу при коротких замыканиях на линиях кольца. Работа такой схемы в течение более года оказалась вполне надежной; при коротком замыкании в кольце дополнительное питание сразу же отключилось, а затем селективно отключился и поврежденный участок в цепи кольца.

Проведение этого мероприятия повысило напряжение на шинах 35 кВ подстанции Б на 1 кВ и, кроме того, дало годовую экономию электроэнергии благодаря снижению потерь в 7 576 800 кВтч.

Таким образом, многостороннее питание замкнутых кольцевых сетей с образованием слож-

ных замкнутых сетей в некоторых случаях может оказаться наиболее эффективным мероприятием по снижению потерь.

В тех случаях, когда образование сложных замкнутых сетей резко повышает значения токов короткого замыкания, в точках деления сети вполне возможна установка выключателей большой отключающей способности, что в сочетании с правильно выбранными АПВ и АВР обеспечит бесперебойную работу и такой сложной сети.

## Повышение напряжения распределительных сетей 110–35 кВ

Существенным мероприятием в борьбе за снижение потерь электроэнергии является максимально возможное повышение напряжения распределительных сетей. В тех случаях, когда такое мероприятие не может быть осуществлено по всей сети, проведение его вполне целесообразно для отдельных участков распределительной сети, где имеется возможность повысить напряжение в линиях, не изменяя напряжения у потребителей, за счет использования регулировочных ответвлений на обмотках силовых трансформаторов.

Примером подобного решения служит участок сети 35 кВ, представленный на рис. 3, где трансформатор подстанции 110 кВ работал на положении регулировочных ответвлений со стороны 110 кВ на +2,5%, со стороны 35 кВ также на положении +2,5%, в то время как трансформаторы подстанций 35 кВ этой сети работали при среднем положении регулировочных ответвлений и на положении —5%. В данном случае очевидно было изменить положение регулировочных ответвлений, установив их на трансформаторе питающей подстанции со стороны 110 кВ в среднее положение, а со стороны 35 кВ — в положение +5% и соответственно на подстанциях 35 кВ установить их в среднее положение и +5%.

Благодаря такому мероприятию напряжение в линиях 35 кВ повышается на 5%, что дает снижение потерь на 24 кВтч, а экономия электроэнергии за год определяется в 210 тыс. кВтч.

Повышение напряжения распределительных сетей представляет также эффективный метод снижения потерь, однако оно не всегда осуществлено из-за недостатка реактивных мощностей в энергосистемах. В связи с этим работники электросетей и энергосбытов обязаны использовать все возможности по выработке реактивной энергии. В частности, следует указать на необходимость использования неработающих генераторов в качестве синхронных компенсаторов.

Благодаря предложению канд. техн. наук И. А. Сыромятникова по асинхронному запуску гене-



Рис. 2. Схема второго питания к замкнутой кольцевой сети 35 кВ, давшая при осуществлении значительное снижение потерь и повышение напряжения у потребителя.

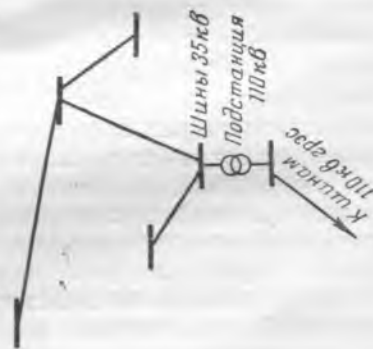


Рис. 3. Повышение напряжения в изолированно работающем участке сети 35 кВ перестановкой регулировочных ответвлений на трансформаторах.

раторов и включению их в сеть методом самосинхронизации практически достижимо использование в качестве синхронного компенсатора любого неработающего генератора. Так, например, под руководством ЦНИЭЛ МЭС неработающий генератор завода «Электросила» типа Т2120/80 5 000 *квт* был пущен фазокомпенсатором с запуском в асинхронном режиме от рабочей системы шин 3 *кв*. Для уменьшения пускового тока генератор с 3 *кв* пересоединен на 6 *кв* с пуском по схеме переключения со звезды на треугольник. Надежная эксплуатация генератора в качестве фазокомпенсатора была обеспечена путем изменения крепления капв на отставное.

В другом случае неработающий генератор завода «Электросила» типа Т2-3,5-2 3 500 *квт* был пущен в эксплуатацию в качестве фазокомпенсатора с запуском в асинхронном режиме по схеме предварительного подключения к понижающему трансформатору (3/1 *кв*) с последующим переключением на полное рабочее напряжение сети.

Для использования неработающего генератора завода «Электросила» типа Т2-6-2 6 000 *квт* в качестве фазокомпенсатора при запуске в асинхронном режиме принята схема подключения генератора через реактор к выделенному на время пуска силовому трансформатору 4 200 *кв*.

### Глубокие вводы высокого напряжения

Исчерпывающие выступления в защиту глубоких вводов высокого напряжения непосредственно к месту потребления электроэнергии<sup>1</sup> и последовавшая затем дискуссия<sup>2</sup> с убедительной очевидностью показали своевременность и необходимость этого мероприятия, служащего целям упрощения и удешевления нового сетевого строительства и вместе с тем резко снижающего потери электроэнергии в распределительных сетях.

Вполне очевидно, что глубокий ввод на напряжение 35 *кв* представляет весьма эффективное средство снижения потерь в сетях 3—6 *кв*, в то время как глубокий ввод на напряжение 110 *кв* снижает (и в весьма высокой степени) потери в распределительных сетях 35 *кв*.

Таким образом, в энергосистемах, эксплуатирующих сети 35—110—220 *кв*, экономия от снижения потерь может быть достигнута только при широком внедрении глубоких вводов на напряжении 110 *кв* к действующим подстанциям 35 *кв*. Практически эта задача может быть осуществлена путем более широкого применения глухих ответвлений от линий 110 *кв* с подключением к ним силовых трансформаторов по упрощенной схеме. При аварийном отключении линии 110 *кв* бесперебойное электроснабжение потребителей в ряде случаев с успехом разрешается путем автоматического перевода их на резервное питание от сети 35 *кв*. Могущее иметь место временное понижение напряжения у потребителей может быть выравнено за счет введения графика регулировки нагрузки на время, необходимое для выяснения

и устранения причин, вызвавших отключение линии 110 *кв*.

Опыт эксплуатации подтверждает допустимость глухих ответвлений даже на магистральных связях 110 *кв*, примером чего служит схема на рис. 4.

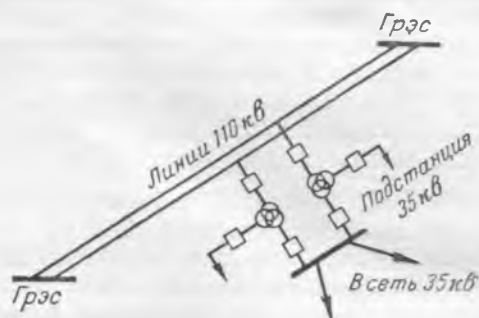


Рис. 4. Схема глубокого ввода, выполненного в действующей сети отпайкой от магистральных линий 110 *кв*.

На действующей подстанции 35 *кв* были установлены два трехобмоточных трансформатора 110/35/6 *кв* мощностью по 20 тыс. *кв*а и каждый из них глухо подключен к одной из двух параллельно работающих магистральных линий 110 *кв*. Для резервирования предусмотрена параллельная работа обоих трансформаторов с сетью 35 *кв*.

При выпадении одной из линий 110 *кв* подключенный к ней силовой трансформатор отключается выключателями 110, 35 и 6 *кв* от направленной защиты, и потребители бесперебойно обеспечиваются нормальным электроснабжением от оставшегося в работе трансформатора.

Следует указать, что осуществление показанной на рис. 4 схемы дало годовое снижение потерь в 6 млн. *квтч*, что достаточно для электроснабжения среднего по размерам города на протяжении года.

### Проведение ремонтных работ под напряжением

Широкое освоение новых методов проведения в электросетях ремонтных работ под напряжением обеспечивает бесперебойное электроснабжение потребителей при высоком качестве электроэнергии и минимуме потерь.

В настоящее время если и проводятся ремонтные работы под напряжением (мы имеем в виду наиболее трудоемкие работы, как, например, замена леса), то преимущественно на радиальных линиях, где в этом отношении стимулирующим обстоятельством являются затруднения в согласовании с потребителями на полное отключение таких линий.

Производство ремонтных работ на тех линиях, где второе питание потребителя обеспечивается по другим связям, проводится, как правило, с отключением.

Очевидно, что любое изменение существующей сети, работающей при заданной схеме в режиме условного минимума потерь, будет связано с увеличением потерь энергии, с понижением напряжения и, следовательно, с увеличением потерь и в сетях более низкого напряжения, в потребительских сетях.

<sup>1</sup> П. Г. Грудинский, «Электрические станции», 1948, № 1 и «Электричество», 1946, № 6.

<sup>2</sup> «Электрические станции», 1948, № 11.

Установленная Министерством электростанций система повышенной оплаты работ, проводимых под напряжением, прямо заинтересовывает непосредственных исполнителей этих работ — линейных электромонтеров, бригадиров и мастеров.

В целях создания заинтересованности в увеличении объема ремонтных работ, проводимых под напряжением, и у лиц административно-технического персонала электросетей необходимо в плановом порядке ежегодно предусматривать прогрессивно-нарастающую долю общего объема ремонтных работ, подлежащих проведению под

напряжением. В случае невыполнения установленного объема должна снижаться сумма всех премий, выплачиваемых административно-техническому персоналу данной электросети.

Накопленный энергосистемами опыт проведения ремонтных работ на линиях электропередачи под напряжением свидетельствует о возможности почти полного отказа от отключений линий, а также о возможности в ближайшее время разработки и внедрения новых методов ремонтных работ под напряжением и на оборудовании подстанций.



## Учет потерь в электрических сетях

Инж. Н. М. Шипов

Ярославская энергосистема ведет учет потерь в электрических сетях с 1945 г. и накопила в этом деле некоторый опыт.

Для учета потерь, который ведет эксплуатационный отдел Электросети, заведены журналы по форме А и по форме Б.

### А. Учет потерь в линиях электропередачи

Март					
№ ЛЭП	Средняя температура окружающего воздуха —4°С	Средняя температура окружающего воздуха —4°С	Потери, <i>квтч</i>		
			$I_{ср. кв}$ — часы	$A = 3RI^2T \cdot 10^{-3}$	
				Всего	
Например ЛЭП № 3807	6,5 <i>ом</i>	73 а—576 час.	19 900	21 650	
		40 а—168 час.	1 750		

### Б. Учет потерь в трансформаторах

Март						
№ подстанции	Напряжение, <i>кв</i>	№ трансформаторов	$I_{ср. кв}$ — часы	Потери, <i>квтч</i>		
				в меди	в стали	всего
Например 0—17	37 <i>кв</i>	1	29 а—120 час.	2 180	10 200	28 580
			41 а—488 час.	16 206		
			58 а—72 час.	430	16 200	23 210
			75 а—622 час.	6 580		

Активное сопротивление линии  $3R$  в форме А берется из заранее построенных графиков для каждой линии с учетом температуры окружающего воздуха и нагрева проводов от нагрузки (рис. 1).

Средняя температура за месяц узнается на местной метеостанции или из суточных ведомостей подстанции. Среднеквадратичная нагрузка линии и трансформаторов определяется следующим методом: по журналу счетчиков активной энергии выбираются два-три характерных суточных графика за отчетный месяц (выходной день и один-два рабочих дня). Из суточных ведомостей харак-

терных суток находится среднеквадратичная нагрузка по формуле

$$I_{ср. кв} = \sqrt{\frac{\Sigma I^2}{24}};$$

здесь  $\Sigma I^2 = I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_{23}^2 + I_{24}^2$ .

Затем подсчитывают, сколько таких суток было в отчетном месяце, и полученные сведения сообщаются учетчику потерь, который записывает в журнал и обрабатывает их.

Подсчет потерь в трансформаторах производится с помощью заготовленных кривых зависимости потерь от загрузки трансформатора (рис. 2).

Для трехобмоточных трансформаторов на одном графике чертятся три кривых, а на подстанциях определяют среднеквадратичную нагрузку для каждой обмотки.

Подсчитанные таким образом цифры потерь в электрической сети разносятся по схеме потерь (подобной оперативной схеме) и передаются в группу режимов диспетчерской службы энергосистемы.

Потери на собственные нужды подстанций расчетным путем определены для каждой под-

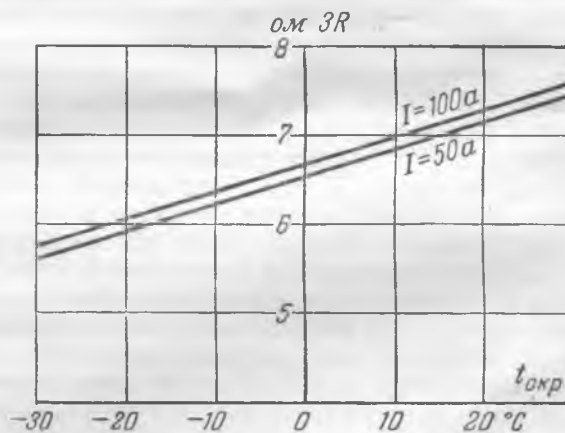


Рис. 1. График для учета изменения сопротивления линии электропередачи от температуры окружающего воздуха и нагрузки (линия длиной 10,1 км: с проводами М-35 на длине 1,1 км и СА-95 на длине 9 км).

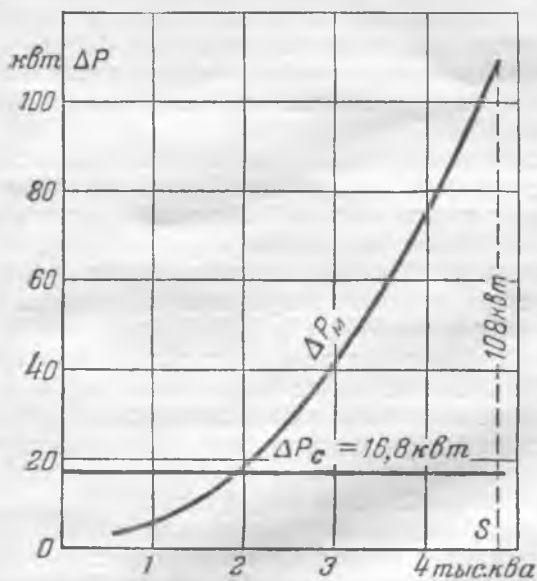


Рис. 2. График для учета потерь в трансформаторах  $3 \times 1600$  кВа в зависимости от нагрузки.

станции на каждый месяц, и месячная сумма их показывается отдельно.

Первое время результаты подсчета потерь не совпадали с потерями коммерческими, т. е. с теми, которые получают от вычитания проданной потребителям электроэнергии из энергии, учтенной генераторными или межсистемными счетчиками. Но после 1—2 лет расхождения резко сократились, так как причины их были точно определены благодаря учету потерь. Это первый положительный итог работы по учету потерь.

Во-вторых, в первый же период учета потерь выявилась большая плюсовая погрешность генераторных счетчиков. Теперь ее почти нет.

□ □ □

## Учет потерь в сетях по амперметрам

Инж. А. И. Понедилко

Для успешной работы в энергоуправлениях по уменьшению потерь в сетях необходимо обеспечить проведение надлежащего учета их в высоковольтных линиях электропередачи и силовых трансформаторах.

В настоящее время учет электрических потерь в сетях производится при помощи счетчиков потерь или путем измерения токов с аналитическим расчетом потерь.

Способ учета потерь по счетчикам потерь применяется редко вследствие недостатка таких счетчиков.

К основным недостаткам второго способа учета относятся его громоздкость, а в ряде случаев и большая неточность.

Кроме того, эти методы не дают возможности персоналу вести оперативный контроль за потерями в сетях.

В-третьих, вскоре же обнаружилось хищение электроэнергии потребителями. Это вызвало усиление контроля за предприятиями со стороны Энергосбыта, и коммерческие потери сократились.

В-четвертых, стало возможным более четко определять мероприятия по сокращению потерь и появилась большая настойчивость в реализации этих мероприятий.

И, наконец, в-пятых, установлена закономерность изменения величины потерь как в сети в целом, так и на отдельных участках ее в зависимости от режима работы энергосистемы.

Необходимо отметить, что опыт учета потерь создал реальную базу для обоснованного планирования потерь, чего до сих пор плановые органы не имели, вследствие чего допускались досадные ошибки.

### Выводы

1. Систематизированный учет потерь в электросетях позволяет достигнуть значительных результатов в деле борьбы с потерями.

2. Необходимо обобщить опыт учета потерь и результаты обобщения передавать органам планирования, в результате чего борьба за снижение потерь будет носить более обоснованный и конкретный характер.

3. Требуется срочное обеспечение измерительными трансформаторами межсистемных связей, так как там учет передаваемой энергии и потерь чрезвычайно затруднен.

4. Желательно обобщить опыт подсчета потерь и разработать наилучшую методику. Инструкция, выпущенная Орггрэс, имеет ряд недостатков и нуждается в исправлении.

В 1940 г. автором был разработан метод учета потерь, не имеющий, указанных недостатков и названный им «графоаналитическим методом учета потерь в сетях». В последующем автор развил этот метод в метод нанесения шкал потерь на амперметры.

В основу определения потерь в линии принята формула величины потерь с учетом емкостного тока линии<sup>1</sup>:

$$\Delta P = 3 \left[ (I_a^2 + I_r^2) - I_r I_c + \frac{I_c^2}{3} \right] R \text{ вт},$$

где  $\Delta P$  — потери мощности в трехфазной линии, вт;

<sup>1</sup> А. Я. Рябков, Электрический расчет высоковольтных линий электропередачи, Госэнергоиздат, 1934, стр. 239.

$I_a$  — активная составляющая тока;  
 $I_r$  — реактивная составляющая тока;  
 $I_c$  — емкостный ток линии;  
 $R$  — активное сопротивление линии.

По этой формуле, зная параметры линии электропередачи и задаваясь приблизительно средним  $\cos \varphi$ , можно с достаточной точностью определить зависимость потерь от проходящего по данной линии тока  $\Delta P = f(I_{\text{лин}})$ .

По рассчитанным таким образом потерям для разных величин токов линии строится шкала на амперметре (или ваттметре) данной линии, установленном со стороны питающей подстанции.

Эти шкалы дают возможность дежурному персоналу подстанций при почасовых записях показаний приборов сразу же записывать в шитовую ведомость и величину потерь в отходящих от этой подстанции линиях электропередачи.

Аналогично ведется оперативный учет потерь в трансформаторах. Позднее этот метод был применен Оргрэс<sup>2</sup>.

Просуммировав почасовые потери отдельных линий электропередачи и силовых трансформаторов, дежурный по подстанции заносит эти потери в графу шитового журнала «Потери в узле» и ежедневно передает их по телефону на узловую подстанцию или на диспетчерский пункт вместе с показаниями других приборов. На основе таких данных диспетчер строит суточный график потерь в сетях энергосистемы.

Суммарные потери за какое-либо время в киловаттчасах подсчитываются по формуле

$$\Delta P = \frac{a_0 + a_n}{2} + a_1 + a_2 + \dots + a_{n-2} + a_{n-1} \text{ квтч},$$

где  $\Delta P$  — суммарные потери за  $n$  час. квтч;  
 $a_0$  и  $a_n$  — начальная и конечная ординаты графика почасовых потерь, квтч.

Опыт применения этого метода в течение ряда лет в отдельных участках сетевых районов Главуралэнерго дает основание сделать вывод о том, что он является самым простым и оперативным.

<sup>2</sup> Подробное описание этого метода дано в вып. 1 „Наладочные и экспериментальные работы Оргрэс“, Госэнергоиздат, 1950.

Этот метод дает возможность после выполнения почасовых измерений в течение 10—15 мин. подсчитать потери электроэнергии в киловаттах во всех высоковольтных линиях и силовых трансформаторах сети.

Такой оперативный учет потерь помогает добиться лучшей организации труда на электростанциях и в сетевых районах, поскольку при выводе агрегатов или линий в ремонт можно немедленно установить связанное с этим увеличение потерь и видеть результаты проведения скоростных ремонтов.

Внедрение учета почасовых потерь в сетях не требует больших первоначальных затрат на приобретение и установку приборов, так как нанесение шкал потерь на амперметры для работников релейно-измерительных служб энергосистем не представляет больших затруднений.

К сожалению, по ряду причин поставленные в некоторых сетевых районах наладочные работы с целью определения преимуществ и недостатков этого метода учета потерь перед учетом по счетчикам потерь проводятся без должной заинтересованности со стороны руководителей работы, формально и с ошибками. Так, например, в Челябинэнерго счетчики потерь, по которым проводится проверка этого метода, должным образом не проверялись и не могут служить эталонными приборами.

Но все же опыт сравнения этих способов учета потерь дает основание сделать вывод, что почасовой учет потерь предложенным способом в линиях с нагрузкой, не имеющей резких изменений, дает результаты, не отличающиеся от учета потерь счетчиками. В ряде случаев при учете потерь в линиях электропередачи с резко изменяющейся нагрузкой (прокатные станы, тяга и др.) имеет место расхождение между данными учета потерь по шкалам и по счетчикам в пределах выше допускаемых.

Для учета потерь предложенным способом в таких линиях необходимо разработать в каждом отдельном случае оперативные приемы учета, обеспечивающие более точный учет потерь (более частые измерения, дополнительные измерения после изменения режима и т. д.).



# ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

## Упрощенная машина для испытания на разрыв сварных образцов

Испытание сварных образцов на разрыв может с успехом производиться на весьма простой машине, изготовление которой доступно любой слесарно-механической мастерской. Эта машина, как показал опыт, по точности получаемых результатов испытаний может вполне заменить дорогостоящую специальную разрывную машину.

Машина (рис. 1) состоит из П-образной рамы, гидравлического домкрата, приспособления для разрыва образцов и двух манометров для регистрации разрывного усилия.

Рама станины состоит из двух вертикальных стоек 8 из швеллеров № 18, которые с двух сторон имеют обвязочные пояса 2, также из швеллеров № 18, сваренные электросваркой в одну жесткую конструкцию. К нижней части рамы приваривается плита 1 с отверстиями для фундаментных болтов. Аналогичные плиты 3, но меньших раз-

меров, привариваются к верхнему и нижнему обвязочным поясам.

В раму станины вставляется гидравлический домкрат 6 таким образом, чтобы рукоятка насоса 7 и наливное отверстие 5 масляного резервуара для удобства обслуживания были бы обращены к фронту.

На корпусе домкрата, за приводной рукояткой, имеется еще перепускной игольчатый вентиль 4, соединяющий напорную и всасывающие части гидравлической системы.

От этого же узла сделано ответвление 10 из красномедной трубки диаметром 4/6 мм к коллектору-распределителю 12 с двумя манометрами 14 и 15, из которых один 15 контрольный (класс точности 1-й), а другой — 14 обыкновенный, с пристроенной к нему фиксирующей стрелкой.

Возникающие при разрыве образца сильные толчки, как показал опыт, вредно отражались на механизмах манометров, поэтому последние монтируются на общем коллекторе 12, установленном вне машины, в месте, удобном для наблюдения (как показано на рис. 1).

Коллектор 12 крепится хомутами 13 к кронштейнам 11, которые, в свою очередь, устанавливаются на стене здания.

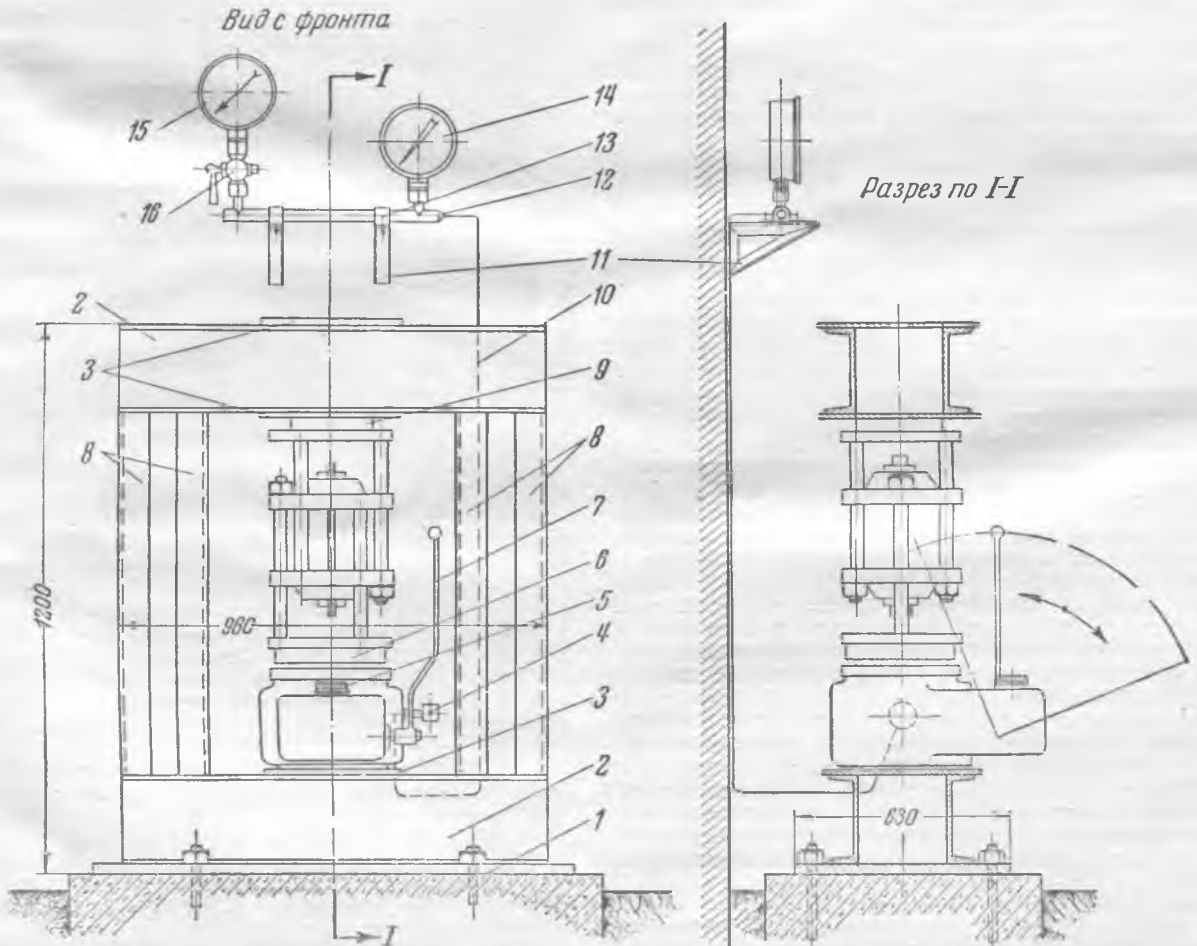


Рис. 1.

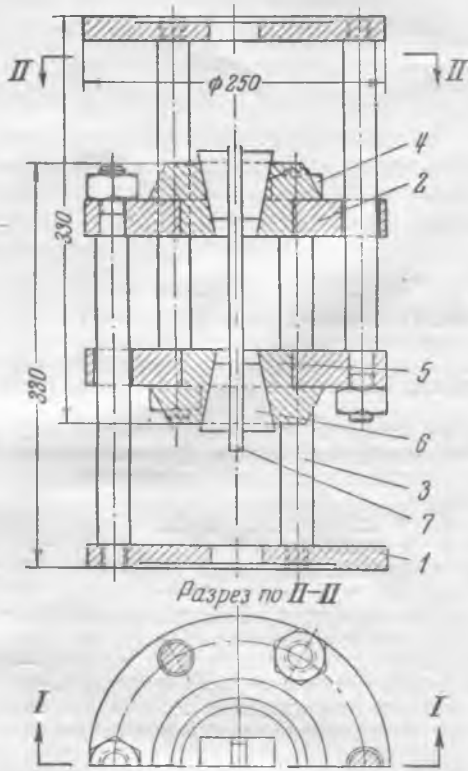


Рис. 2.

Для периодической проверки контрольного манометра между ними и коллектором устанавливается край 16 с присоединительным фланцем.

Разрывное приспособление (рис. 2) состоит издвигающихся одна в другую корзинок (принцип телескопа), между которыми при помощи двух пар клиньев закрепляется испытуемый образец. При сжатии приспособления домкратом фланцы, расположенные внутри корзинок, расходятся и разрывают образец.

Конструкция корзинок одинакова и в собранном виде они смещены относительно друг друга на 60°. Каждая корзинка состоит из нижнего фланца 1 и верхнего, более жесткого 2. Между собой фланцы скрепляются тремя стойками 3 диаметром 30 мм, расположенными по отношению друг к другу под углом 120°.

Для удобства монтажа и ремонта приспособления крепятся к фланцу 1 стойки на резьбе М24, а к фланцу 2 — тремя гайками 4. Кроме того, во фланцах 2 имеются сквозные цилиндрические отверстия для втулок 5.

Втулка выполняется ступенчатой, и ее утолщенная часть имеет форму усеченного конуса; в теле втулки прорезается еще сквозное отверстие для крепежных клиньев 6.

Клинья изготавливаются из стали марки Ст.-5 и подвергаются термической обработке (закалке). Наружные поверхности клиньев выполняются с уклоном в 6°, шлифуются и полируются, внутренние же поверхности — параллельны и на них наносится крупная ромбическая насечка.

При закладке испытуемого образца приспособление укладывается в горизонтальное положение и корзинки его раздвигаются на требуемую величину. Затем в отверстия втулок 5 вставляется образец 7 и предварительно закрепляется в них клиньями.

После проверки, насколько правильно сделана сборка всего узла, производится окончательное закрепление образца, и приспособление устанавливается на домкрат.

Если установка образца в разрывном приспособлении произведена недостаточно точно, то во избежание излишнего качания масла насосом между фланцем 1 и верхней обвязкой рамы закладываются дистанционные шайбы 9 (рис. 1).

После устранения мелких неполадок разрывная машина была подвергнута предварительному испытанию, а затем государственной проверке — тарированию, заключившейся в том, что вместо разрывного приспособления

устанавливался динамометр. Для получения более точных данных динамометр дополнительно нагружался массивной металлической шайбой, вес которой соответствовал весу разрывного приспособления.

Результаты государственной проверки показали, что погрешность при испытании материалов в пределах до 10 т колеблется от 1 до 1,5%, и полученные результаты вполне отвечают поставленным требованиям.

На основании указанных данных для практического пользования была составлена таблица перевода давления на разрывное усилие с интервалом в 50 кг. По зафиксированному манометрами давлению, при котором разрывается образец, находится соответствующее разрывное усилие (в кг). Делением полученных данных на площадь испытуемого образца находится величина  $\sigma$  (кг/мм<sup>2</sup>).

Продолжительность полного цикла испытания образца на такой машине составляет 4—7 мин.

Инж. В. С. Коклик

## Переход линии электропередачи 110 кВ через реку

Для линии электропередачи 110 кВ сооружается уникальный по своим размерам переход через реку. Пролет между опорами, ограничивающими переход, равен 1350 м. Опоры металлические анкерные, порталного типа с подкосом в сторону перехода, высотой 40 м.

Такая небольшая высота опор при значительном пролете оказалась возможной благодаря профилю перехода, имеющего превышение одного берега над другим на 88,32 м (рис. 1).

В качестве токопроводящего провода и грозозащитного троса принята стальная проволока сечением 376 мм<sup>2</sup>. Провода и грозозащитные тросы крепятся к траверсам опор при помощи гирлянд изоляторов с целью возможного подключения грозозащитного троса к проводам линии электропередачи в случае повреждения одной из фаз. Максимальное расчетное течение по проводу и тросу на переходе равно 19450 кг.

Трос марки Ст-376 состоит из четырех повивов стальных жил диаметром 2,8 мм в количестве 61 шт. с общим диаметром 25,5 мм. Примыкающий к переходу линей-

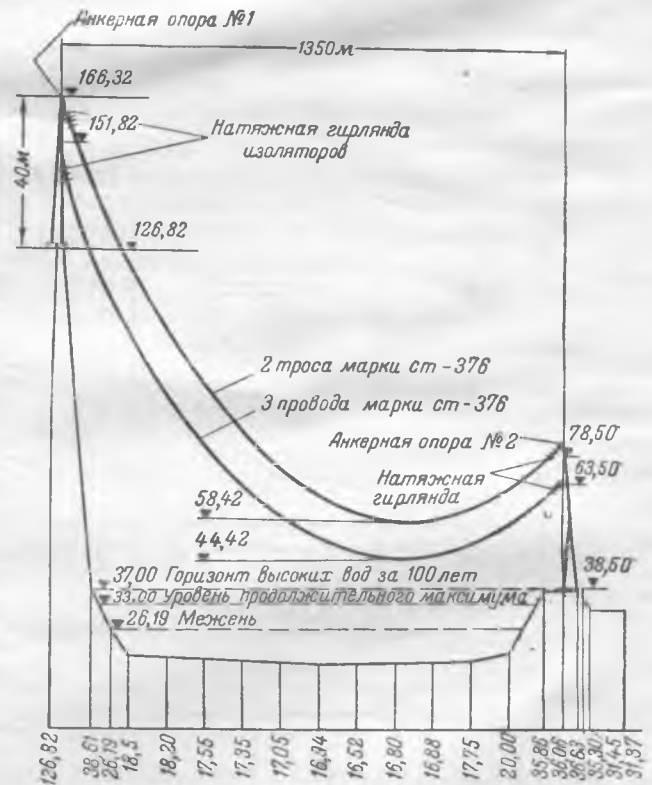


Рис. 1. Профиль перехода линии электропередачи через реку.

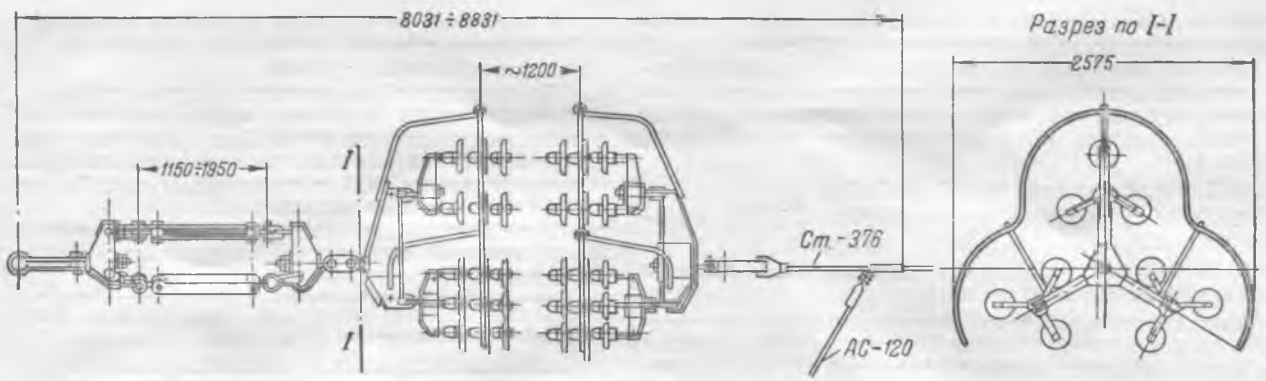


Рис. 2. Гирлянда натяжных изоляторов.

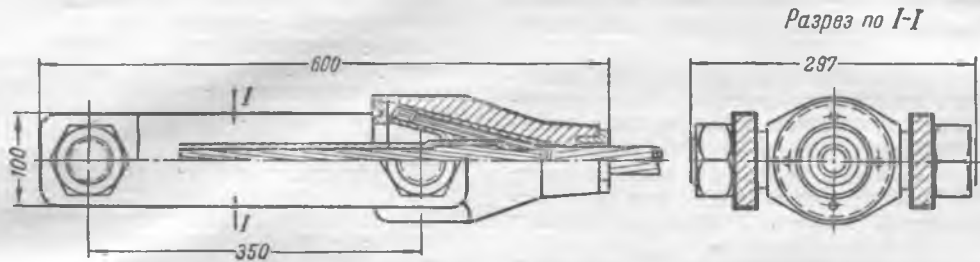


Рис. 3. Натяжной зажим для троса Ст-376 весом 45,7 кг.

ный провод принят марки АС-120, а трос — марки Ж-50.

Натяжная гирлянда состоит из десяти параллельных цепей, в каждой из которых десять изоляторов типа П-7.

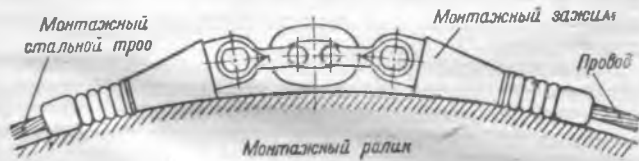


Рис. 4. Схема прохождения монтажного зажима для троса Ст-376 по монтажному ролику.

Коэффициент запаса по изоляторам при указанном числе цепей получается равным

$$k = \frac{9 \times 7000}{19450} = 3,24,$$

где 7000 — испытательная нагрузка изоляторов, кг;  
19450 — расчетное тяжение провода, кг.

Коэффициент запаса должен быть не менее 3.

Для регулирования натяжки проводов и тросов натяжная гирлянда (рис. 2) общим весом 1887 кг снабжена тремя регулируемыми талрепами, связанными двумя трехцепными коромыслами в одну систему.

Цепи изоляторов в натяжной гирлянде присоединяются с каждой стороны к трем трехцепным коромыслам, которые в свою очередь соединяются с одним большим коромыслом.

Натяжной зажим комбинированного типа с креплением в нем стального троса путем опрессования в стальной гильзе двух внутренних повивов троса и заливкой специальным сплавом в конической муфте двух расплетенных наружных повивов троса (рис. 3).

С целью создания наиболее благоприятных условий работы натяжного зажима при вибрации провода или троса, могущей иметь место до установки демпферов, натяжные зажимы снабжены цапфами, примерно, в центре тяжести зажима, обеспечивающими их подвижность.

Присоединение линейного провода АС-120 к тросу Ст-376 на переходе осуществляется при помощи петлевого зажима, установленного на тросе перед натяжным зажимом, как это видно из рис. 2.

Снепная арматура принята обычных типов, по механической прочности соответствующей нагрузке.

Для присоединения грозозащитного троса Ст-376 на переходе вместо одного из поврежденных токопроводящих проводов предусмотрены обычные петлевые зажимы плашечного типа для проводов АС-120.

Демпферы для устранения вибрации проводов и тросов на переходе подлежат разработке. Места их установки на проводе или тросе еще не определены.

Для раскатки тросов Ст-376 через реку по монтажным роликам разработан специальный монтажный зажим с заливкой троса в стальной конусном корпусе специальным сплавом, представляющий собой гибкую цепь, способную проходить по монтажному ролику (рис. 4).

Все впервые изготавливаемые детали арматуры до их поставки заказчику для монтажа прошли соответствующие испытания на механическую прочность. Прочность деталей снепной арматуры, принимающей на себя полную нагрузку от троса Ст-376 при гарантированной минимальной прочности 73 т, оказалась равной  $76 \pm 107$  т, а прочность деталей, принимающих на себя одну треть тяжения троса Ст-376, равна  $32 \pm 40$  т. При испытании талрепов подъемной нагрузки с нуля до 7 т производился путем вращения обоймы талрепа ломиком от руки, чем одновременно были проверены их монтажные качества.

Инж. Г. С. Дуткин

## Приготовление очистителя ацетилена

В зависимости от качества карбида ацетилен в той или иной мере загрязнен сероводородом ( $H_2S$ ) и фосфористым водородом ( $PH_3$ ), весьма вредно влияющими на качество сварного шва.

По стандарту на карбид содержание сероводорода ( $H_2S$ ) в ацетилене не должно превышать 0,15%, а фосфористого водорода ( $PH_3$ ) 0,06% по объему ацетилена.

Однако нередко встречаются случаи значительно большего содержания вредных примесей, поэтому очистке ацетилена следует уделять большое внимание.

От сероводорода ацетилен очищают путем пропуска через воду (промывка). При этом надо строго следить за своевременной сменой воды в генераторе и водяном затворе, так как вода довольно скоро насыщается сероводородом, после чего газ начинает поступать неочищенным.

Смену воды в генераторе и водяном затворе следует производить не реже одного раза в смену (8 час.).

Очистка ацетилена от фосфористого водорода производится фильтрацией его через химический очиститель — гератоль, который не всегда можно получить. В случае отсутствия гератоля его можно изготовить из следующих материалов:

1. Двухромовокислый калий ( $K_2Cr_2O_7$ ).
2. Концентрированная серная кислота ( $H_2SO_4$ ) удельного веса 1,84.
3. Инфузорная земля или диатомитовый порошок (толченый диатомитовый кирпич).

Двухромовокислый калий растворяют в воде до получения насыщенного раствора. К насыщенному водному раствору прибавляют концентрированную серную кислоту в количестве 10% объема насыщенного раствора двухромовокислого калия.

Полученным раствором пропитывают диатомитовый порошок, после чего всю массу высушивают. Сушку массы производят на воздухе, в теплом помещении, либо нагревая до  $100^\circ C$ .

Описанным способом изготовили гератоль на монтаже тэц, где работы проводились трестом «Киевпромэнергомонтаж», результаты применения этого гератоля оказались положительными.

При протекании ацетилена через фильтрующую массу достигается окисление фосфористого водорода и образование нелетучей фосфорной кислоты; 1 кг массы очищает  $30 м^3$  газа.

Отработавшая масса приобретает темнубурый цвет, что указывает на необходимость ее смены.

Инж. И. И. Бендерский

## Железобетонные сваи под опоры линий электропередачи

Наиболее трудоемкой работой на строительстве линий электропередачи является, как известно, рытье котлованов для фундаментов под опоры и устройство самих фундаментов.

Опыт треста Ленэлектросетьстрой по сооружению линий электропередачи на деревянных опорах со свайными фундаментами в виде свай-пасынков, забиваемых самоходными копрами на тракторе, полностью подтвердил возможность массового применения таких фундаментов.

В настоящее время рядом проектных организаций разрабатываются типовые конструкции деревянных опор на сваях для различных грунтов.

По аналогии с деревянными опорами свайные фундаменты могут быть применены и для металлических опор в виде железобетонных свай. При этом очень многообещающей является возможность использования деревянных и железобетонных свай с применением способа погружения их специальными вибраторами.

В таблице даны характеристики грунтов и свай (железобетонных и деревянных), погруженных методом вибрирования<sup>1</sup>.

Характеристика грунта	Материал свай	Толщина свай, см	Глубина забивки свай, м
Мелкозернистый песок с прослойкой суглинка . .	Железобетон	30	10
Мелкозернистые влажные пески с прослойкой ила	Дерево	30	12
То же . . . . .	"	28	5,6
Слабые пластичные суглинки . . . . .	"	26	4—4,5

На погружение вибратором одной сваи на глубину от 2,5 до 4,5 м затрачивалось от 2,5 до 12 мин.

На основании опыта, проведенного Д. Д. Баркан на строительстве по погружению вибратором шпунта, можно ожидать, что применение железобетонных свай с погружением их в грунт вибраторами может быть распространено и на сваи — фундаменты под металлические опоры на линиях электропередачи.

Метод погружения вибраторами может быть применен и для забивки свай-пасынков деревянных опор.

В настоящее время в Министерстве электростанций проводятся экспериментальные работы по погружению деревянных свай вибратором и самоходным копром на тракторе, а также погружение вибратором железобетонных свай — фундаментов для металлических опор линий электропередачи.

Положительные результаты этих испытаний позволяют заменить трудоемкие работы по сооружению фундаментов под опоры на линиях электропередачи механизированными свайными работами, что, безусловно, даст значительную экономию рабочей силы, удешевит стоимость и сократит сроки сооружений линий электропередачи.

Инж. В. В. Скворцов

<sup>1</sup> Д. Д. Баркан, Устройство оснований сооружений с применением вибрирования, Стройизд гт, 1949.



## ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ

### Двухступенчатое испарение с односторонним соленым отсеком

Котел производительностью 75 т/час и давлением пара 33 ат с довольно сложной схемой циркуляции и громоздким сепарирующим устройством, смонтированным в коротком верхнем барабане (рис. 1), был крайне чувствителен к качеству питательной воды, изменению нагрузки и колебаниям уровня воды в барабане. Уже при солесодержании котловой воды всего 470 мг/л изменение нагрузки вызывало броски котловой воды.

В процессе наладки было установлено, что котел может работать удовлетворительно при равномерной паровой нагрузке, солесодержании и щелочности котловой воды не выше соответственно 700 мг/л и 20 — 25° Н.

При питании котла смесью химически очищенной воды и конденсата такие нормы котловой воды связаны с большими потерями тепла с продувкой. Величина продувки должна была достигать 21 — 22%.

Поэтому было решено перевести котел на схему с двухступенчатым испарением и полным изменением внутрибарабанных сепарационных устройств.

При относительно малой длине барабана выделение по обоим его концам соленых отсеков затруднено. В свя-

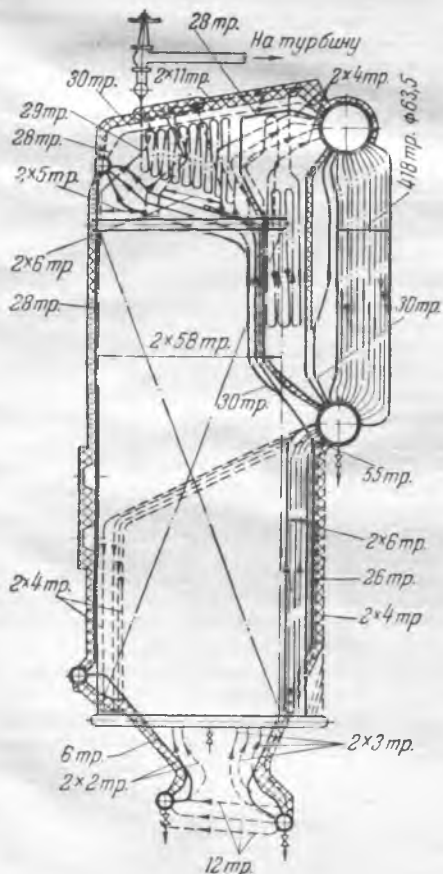


Рис. 1. Схема циркуляции котла до реконструкции. Трубы  $d_n$  83 мм.

зи с этим был выполнен<sup>1</sup> односторонний соленый отсек, в который выделена часть бокового экрана с подъемными трубами, включенными в верхний коллектор. Короткие подъемные трубы, включенные в нижний барабан, остались в чистом отсеке (рис. 2).

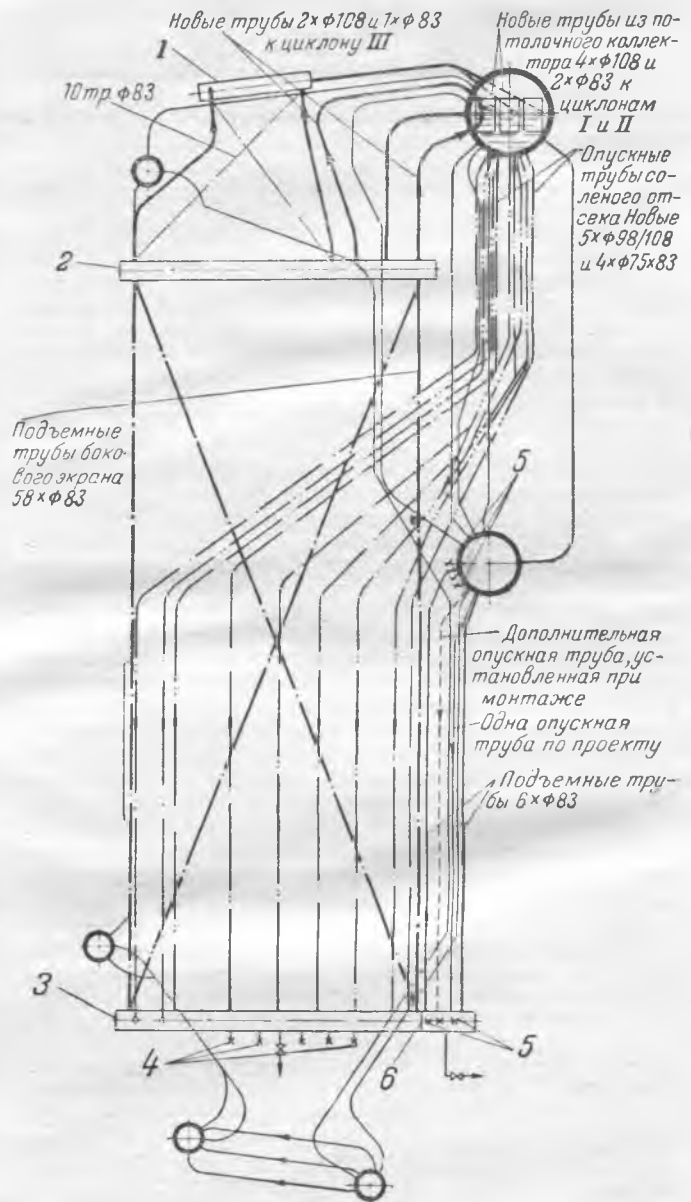


Рис. 2. Реконструированная схема циркуляции бокового экрана, выделенного в соленый отсек.

1 — потолочный коллектор соленого отсека бокового экрана; 2 — верхний коллектор бокового экрана соленого отсека; 3 — нижний коллектор бокового экрана соленого отсека; 4 — заглушка на коллекторе; 5 — заглушка после демонтажа труб; 6 — перегородка в коллекторе.

<sup>1</sup> По рекомендации инж. В. Н. Роева, ОргрЭС.

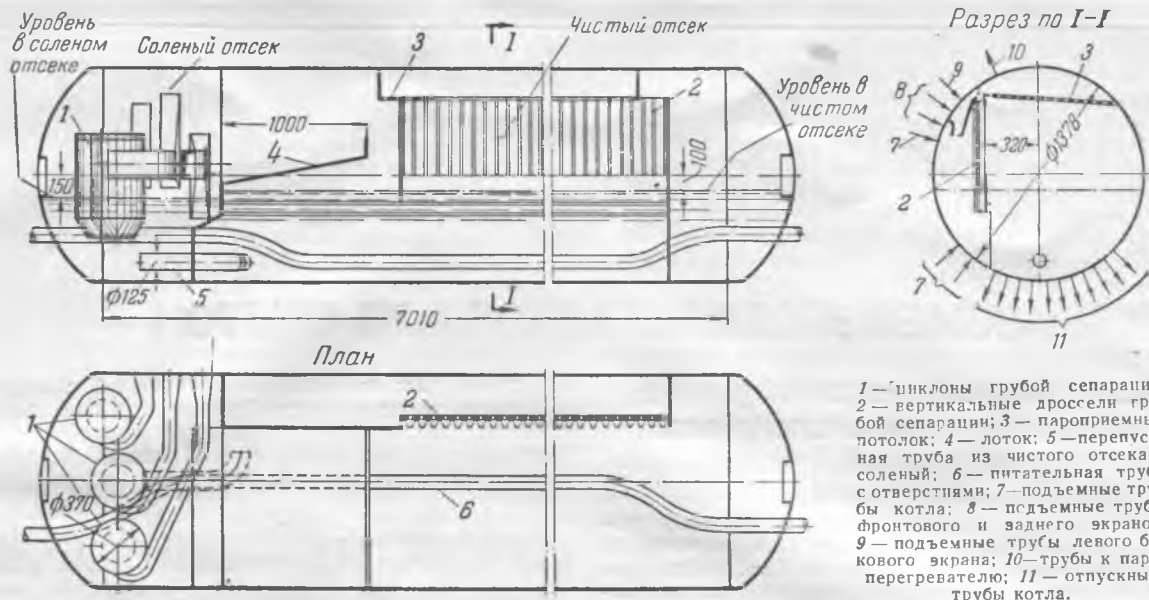


Рис. 3. Сепарирующие устройства в барабане котла после реконструкции.

Для выделения части экрана в соленый отсек в нижнем коллекторе установлена перегородка из двух половин, заведенная и приваренная через лючки в коллекторе.

Питание выделенной части бокового экрана осуществлено из соленого отсека верхнего барабана девятью трубами (пять диаметром 108 мм и четыре диаметром 83 мм). Такие диаметры труб приняты с целью использования части отверстий, имеющихся на нижнем коллекторе экрана. Оставшиеся неиспользованными отверстия в нижнем коллекторе и нижнем барабане заглушены путем вставки в них специальных заглушек из труб. В верхнем барабане были просверлены новые отверстия.

Пароводяная смесь из верхних коллекторов экрана выведена в три циклона грубой сепарации через три группы труб одинакового сечения, состоящие каждая из двух труб диаметром 108 мм и одной трубы диаметром 83 мм. При этом одна из этих групп труб подведена непосредственно в барабан из верхнего коллектора (взамен существовавших четырех труб), а две другие — из потолочного коллектора, в котором заглушены 11 отверстий, ранее служивших для отвода пароводяной смеси, и просверлены новые шесть отверстий. Потолочный коллектор повернут на 60° около своей оси.

Все ранее имевшиеся в верхнем барабане сепарационные устройства были удалены и заменены другими, работающими по схеме объемной сепарации с принудительным распределением паровых потоков (рис. 3).

Выделенная в соленый отсек меньшая по паропроизводительности часть поверхности нагрева позволила создать в соответствующем объеме барабана пониженное напряжение по пару (1300 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> час).

Для грубой сепарации воды из пара в соленом отсеке установлены три циклона диаметром 370 мм с подъемной скоростью пара в корпусе 0,77 м/сек. Циклоны выполнены с длинными направляющими языками, разрезанными жалюзийными крышками и облегченным стоком сепарата. Питание соленого отсека осуществлено перепускной трубой диаметром 125 мм со скоростью воды в ней 0,84 м/сек.

В чистом отсеке установлены вертикальные дроссели грубой сепарации, представляющие собой сочетание дырчатых листов и расположенных за ними V-образных щитов.

Скорость пара при входе на дроссель принята 5,4 м/сек, при выходе с дросселя 2 м/сек и подъема пара в паровом объеме 0,51 м/сек. Напряжение парового объема активной части чистого отсека составляет 3300 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> час. Нормальный уровень воды установлен на 100 мм ниже оси барабана. В соленом отсеке уровень находится на 50 мм ниже, чем в чистом.

Реконструированный котел в сентябре 1950 г. был включен в промышленную эксплуатацию и проработал без

длительных остановок до начала 1951 г. Работа котла за этот период по данным эксплуатации характеризуется данными таблицы.

Наименование	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Анализ сырой воды, идущей на химводоочистку:			
Сухой остаток, мг/л	320	380	410
Жесткость: общая, °Н	11,3	14,8	15,5
постоянная, °Н	3,8	5,2	6,0
Добавка химически очищенной воды к конденсату, %	37,6	45,1	45,9
Питательная вода:			
Плотный остаток, мг/л	112	132	132
Щелочность, мг/л	1,98	1,95	1,9
Котловая вода:			
Солесодержание соленого отсека сред./макс., мг/л	2 381/3 100	2 226/3 775	2 320,4 750
Щелочность соленого отсека сред./макс., мг/л	32,7/52,9	22,2/41,0	21,7/33
Солесодержание чистого отсека, мг/л	500	700	700
Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> котловой воды, мг/л	21,1	21,6	18,0
Щелочность получаемого пара, °Н	0,1	0,1	0,1
Величина непрерывной продувки, %	4,9	5,7	6,2
Сухой остаток в паре, мг/л	0,6	0,8	—

За время эксплуатации заброса воды и ухудшения качества пара не наблюдалось.

В январе 1951 г. котел был остановлен на текущий ремонт с вскрытием барабанов. При вскрытии верхнего барабана твердых накипеобразований не обнаружено. В месте ввальцовки кипятильного пучка в верхний барабан обнаружен рыхлый шлам, который был легко удален промывкой.

После двухдневного ремонта котел снова был пущен в эксплуатацию и продолжает надежно работать.

Инж. Н. Ф. Рысаков

## Опыт эксплуатации шаровой барабанной мельницы 287/430

На котельном агрегате, работающем на пыли донецкого тощего угля, установлены две шаровые барабанные мельницы Таганрогского завода типа 287/430, из которых постоянно работает одна. На котле имеется промежуточный пылевой бункер емкостью  $\sim 100 \text{ м}^3$  пыли.

При сжигаемом угле с  $Q_{\text{P}}^{\text{P}} = 7100 \text{ ккал/кг}$  и более производительность мельницы значительно выше, чем требуется для работы котла с полной и, особенно, с пониженной нагрузкой. Последнее имеет место при переходных режимах работы электростанции — осенью и весной.

Шаровая загрузка мельницы по заводским данным 30 т, но фактически в шее загрузали 26 т по соображениям надежной работы редуктора.

Обычно в случаях, подобных описанному, мельница работает по режиму, при котором ее максимальная производительность чередуется с остановками. Однако, такой режим имеет свои неудобства. Если промежуточный пылевой бункер невелик, то время простоя мельницы также будет мало. В нашем случае при неполной нагрузке котлоагрегата простой мельницы не превышает 1 часа, а при более высокой нагрузке снижается до 40 мин. При более длительных простоях мельницы уровень пыли в бункере понижается настолько, что после ее пуска горелки начинают работать неудовлетворительно, подбрасывая пыль. Это обстоятельство мало исследовано, но хорошо известно по затруднениям наладки нормальной работы топки при пониженных (ниже определенного предела) уровнях пыли и работе мельницы. При таких кратковременных остановках мельницы и ее высокой производительности число пусков и остановок было бы велико, что плохо отразилось бы на к. п. д. котлоагрегата из-за изменения режима и необходимости его корректировки. Кроме того, при неустановившемся режиме мельницы, работающей с остановками, обнаруживались рассевки с остатком на сите  $R_{80}$  до 20% при норме 9%. Это также неблагоприятно сказывается на работе топки. Наконец, установленный для привода мельницы короткозамкнутый электродвигатель мощностью 410 кВт едва ли хорошо (с точки зрения надежной работы привода) часто останавливать и пускать.

В связи с этим было решено перейти на безостановочный режим работы мельницы. Чтобы избежать при этом большого перерасхода электроэнергии, шаровую загрузку мельницы постепенно снижали с тем, чтобы найти наименьшую возможную загрузку, при которой мельница работала устойчиво и с достаточной производительностью. При этом были получены следующие результаты.

На одной мельнице 26 апреля 1950 г. была произведена сортировка шаров и засыпано снова 18 т. С такой шаровой загрузкой мельница проработала 3285 час., произведя размола 50769 т угля. Добавки шаров за этот период не производилось. В конце января 1951 г., чтобы удержать производительность этой мельницы на уровне 20 т/час, в нее досыпали 1 т шаров и мельница проработала еще 868 час., размолов дополнительно 13230 т угля. После этого в мельнице оказалось всего около 13 т шаров, причем она до самого последнего дня могла давать по 20 т/час угольной пыли. Таким образом, при размоле всего около 64000 т угля расход шаров составил 6 т, т. е. менее чем 100 г на 1 т угля.

Ввиду этого при капитальном ремонте в мельницу было загружено снова 13 т сортированных шаров. С такой шаровой загрузкой мельница легко дает производительность 20 т/час при помоле с остатком на сите  $R_{80}$  до 9%. При этом эксгаустер работает на минимальной скорости, т. е. имеется возможность еще увеличить производительность мельницы. Теперь уже производится ежедневная добавка шаров из расчета примерно по 110 г на 1 т угля. В этих условиях расход электроэнергии на пылеприготовление составляет около 23,0 кВтч на 1 т угля. Ранее при работе с шаровой загрузкой в 26 т этот расход был  $28,5 \div 29 \text{ кВтч/т}$ .

В настоящее время на такой режим работы с пониженной шаровой загрузкой переведены и другие мельницы электростанции. Шаровая нагрузка везде снижена до 13—14 т вместо прежней 24—26 т. На всех мельницах это сопровождалось снижением расхода электроэнергии и повышением экономичности работы котлов.

Работа мельницы с пониженной шаровой загрузкой была одобрена и ремонтным персоналом, обслуживающим привод мельницы. Действительно, снижение шаровой загрузки в указанном размере при слабом редукторе весьма благоприятно для его надежной работы.

Описанный опыт работы мельницы с пониженной шаровой загрузкой возможно представляет собой частный случай работы именно на данном сорте угля. Однако, по нашему мнению, он заслуживает внимания как показатель того, что в вопросе о величине шаровой загрузки нет необходимой ясности.

В самом деле, в справочниках рекомендуется загружать в мельницу 287/430 по 28 т шаров и при этом указывается производительность ее на тощем угле, равная 19,6 т/час. Такую же производительность наша мельница дает при шаровой загрузке в 13 т.

Далее в справочниках рекомендуется добавка шаров по 300 г на 1 т угля, тогда как у нас она составляет около 100 г/т.

Своевременно поставить вопрос о правильности установившегося мнения, согласно которому почти всегда целесообразно максимально загружать мельницу шарами, насколько допускает мощность электродвигателя и надежность работы редуктора мельницы.

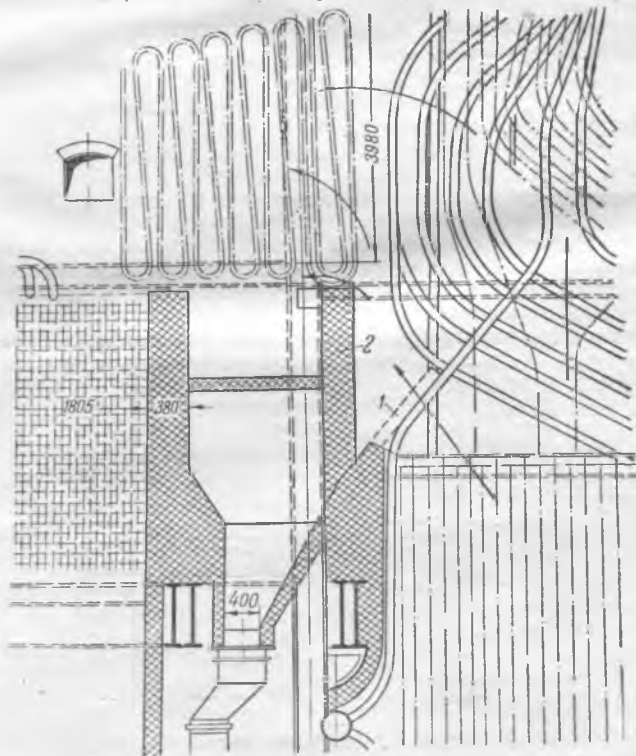
Инж. И. Р. Баженов

### ОТ РЕДАКЦИИ

Придавая серьезное значение вопросам повышения производительности мельниц и снижения расхода электроэнергии на помол, редакция просит читателей поделиться имеющимся у них опытом в данной области.

## Повышение температуры перегрева пара в котлоагрегатах с мазутной топкой

У котлоагрегатов НЗЛ, работающих на мазуте, в некоторых случаях недостаточную температуру перегрева пара повышают путем закладки топочных экранов шамотным поясом. Этот трудоемкий и дорогой способ (на один агрегат производительностью 60—85 т/час затрачивается 50—60 тыс. руб. в год) не достигает цели, так как шамотный пояс сравнительно быстро выгорает и разрушается.



Эскиз переделки обмуровки котлоагрегата.

1 — пламенная перегородка, частично разобранная; 2 — поднятая стена.

На электростанции Уфимэнерго для повышения перегрева пара у мазутных котлоагрегатов НЗЛ были полностью или частично удалены перегородки перед перегревателем, поднята стена и заложен бунжер под перегревателем (рисунок).

В результате улучшения омывания поверхности нагрева перегревателя и увеличения скорости газов температура пара поднялась до требуемой, были даже включены в работу пароохладители.

Некоторое увеличение газового сопротивления в зоне перегревателя частично компенсируется уменьшением газового сопротивления кипящего пучка при снижении скорости газов в пучке. От закладки экранов огнеупорными поясами удалось полностью отказаться.

Ежегодная экономия от проведения указанных мероприятий по котельной составляет более 300 тыс. руб.

Инж. А. В. Леванов

## Устранение присосов сырой воды в конденсаторах турбин

В практике эксплуатации способ определения мест неплотностей конденсаторов турбин гидравлической опрессовкой конденсаторов с паровой стороны является наиболее распространенным. Этот способ достаточно эффективен при определении неплотностей в вальцовочных или сальниковых уплотнениях трубок, при трещинах или разрывах самих трубок.

Ниже приводится случай, когда неоднократно проводимые опрессовки с паровой стороны не выявляли места присосов и их удалось обнаружить опрессовкой с водяной стороны.

Трехцилиндровая конденсационная турбина фирмы Броун-Бовери с двухпоточным цилиндром низкого давления снабжена двумя трехходовыми конденсаторами регенеративного типа (ОР) этой же фирмы с поверхностью охлаждения по 1900 м<sup>2</sup> каждый. Конденсаторы разделены по воде на две половины. Поверхность каждого конденсатора образована более чем 5 тыс. латунных трубок диаметром 22/24 мм активной длиной 6 м. Предусмотренное заводом-изготовителем крепление конденсаторных трубок в обеих трубных досках на сальниках во время монтажа турбины было изменено: со стороны входа охлаждающей воды трубки вместе с сальниковыми втулками развальцованы в трубных досках.

Конструкция анкерных связей, разгружающих трубные доски, одновременно предусматривает разгрузку плоских крышек водяных камер (рис. 1).

С начала пуска турбины в эксплуатацию систематически наблюдались присосы сырой воды, резко усилившиеся после глубоких аварийных посадок вакуума. В отдельные периоды времени присосы, составлявшие 2,5—3% от конденсируемого пара, повышали жесткость конденсата до 0,2—0,3°Н. При гидравлических опрессовках с паровой стороны, производимых наливом конденсата до верхней горловины конденсатора, как правило, обнаруживались незначительные пропуски воды через сальниковые и валь-

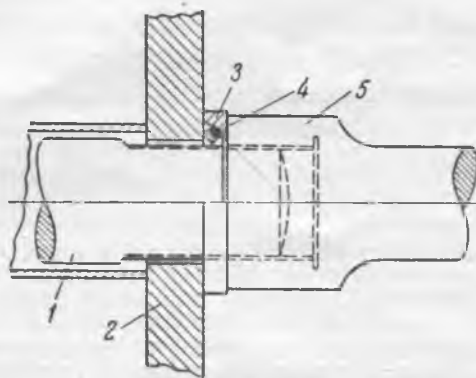


Рис. 2. Уплотнение анкерной связи.  
1—центральный стержень; 2—трубная доска; 3—стальная шайба со сферической внутренней расточкой; 4—кольцо из резины; 5—крайний стержень.

цовочные уплотнения или уплотнения камерных связей при проходе их через трубные доски. Выявленные при опрессовках ничтожные пропуски воды (немедленно устраняемые) никак не вязались с присосами в 2,5—3,0 т/час, имевшими место при работе конденсатора с нормальным для него вакуумом.

Было решено, что гидравлическая опрессовка с паровой стороны, прижимающая трубные доски к уплотняющим плоскостям анкерных связей, не только не помогает, а наоборот, мешает обнаружить неплотности этих уплотнений.

Действительно, трубные доски при работе конденсатора находятся под действием усилий, возникающих от разницы давлений воды в водяных камерах и пара в самом конденсаторе. Эти усилия весьма велики, направлены внутрь парового пространства конденсатора и разуплотняют места соприкосновения анкерных связей с трубной доской. Во время же опрессовки конденсатора с паровой стороны усилия направлены в сторону водяных камер. Поэтому конденсаторы были опрессованы с водяной стороны напором циркуляционных насосов. Находясь внутри парового пространства конденсатора, удалось выявить пропуск воды через уплотнения анкерных связей одной из четырех частей конденсатора. Одновременно была изменена конструкция уплотнения анкерных связей (рис. 2). Примененная конструкция более надежна, так как при имеющихся место небольших перемещениях трубной доски относительно стержня анкерной связи эластичность резиновой прокладки обеспечивает достаточную плотность соединения.

Длительная эксплуатация подтвердила указанные предположения. Нарушений плотности больше не наблюдалось. Жесткость конденсата равна 0°Н.

Инж В. С. Пупко

## Работа линии электропередачи в несимметричном режиме

На гидроэлектростанции установлены три генератора подвешенного типа по 47 тыс. квт, снабженных продольно-поперечной успокоительной клеткой. В настоящее время одна двухцепная линия 110 кв длиной 67 км связывает гэс с энергосистемой.

При выходе из работы одной из двух цепей на приемную подстанцию можно передать всего 40% мощности гэс при  $\cos \varphi = 0,8$  и 50% при  $\cos \varphi = 0,95$ , сохраняя допустимые напряжения по концам передачи (см. таблицу). Таким образом, при повреждении одной фазы и отключении вследствие этого одной цепи мощность гэс оказывается в значительной мере ограниченной. Между тем, если при обрыве одного провода перейти на работу по пяти фазам вместо трех, то можно существенно увеличить передаваемую мощность (см. таблицу), повышая одновременно и надежность передачи.

Тбилиским научно-исследовательским институтом сооружений и гидроэнергетики были проведены исследования

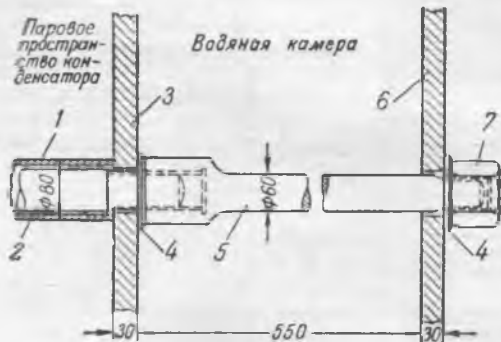


Рис. 1. Анкерная связь.

1 — распорная труба; 2 — центральный стержень; 3 — трубная доска; 4 — медная шайба; 5 — крайний стержень; 6 — крышка водяной камеры; 7 — колпачковая гайка.

возможности длительного несимметричного режима генераторов указанной гЭС, релейной защиты линии электропередачи, энергосистемы в целом, а также диспетчерской связи. На генераторе спектр частот вибрации и нагрев ротора исследовались при отношении тока обратной последовательности к номинальному  $\frac{I_2}{I_{ном}}$  до 20%. По этим параметрам и при указанной несимметрии генератор мог длительно нести нагрузку 70% от номинальной.

Несимметрия  $\frac{I_2}{I_{ном}}$ , равная 20%, получается на генераторе при работе одной машины по двум фазам линии и передаче 15—17 тыс. кВт или 18—20 тыс. кВА. При передаче максимальной мощности 106 тыс. кВА (см. таблицу) по пяти фазам несимметрия  $\frac{I_2}{I_{ном}}$  на каждом генераторе получается равной всего 8%.

Число включенных фаз линии	Мощность в конце линий				Напряжение, кВ	
	$\cos \varphi = 0,8$		$\cos \varphi = 0,95$		в начале линии	в конце линии
	тыс. кВА	% от полной мощности гЭС	тыс. кВА	% от полной мощности гЭС		
3	56,5	40	70	50	125	110
5	91,5	65	106	75	125	110
6	105	75	120	85	125	110

Работа релейной защиты была рассмотрена для двух режимов:

- 1) при работе исследуемой линии пятью и двумя фазами;
- 2) при работе исследуемой линии пятью и двумя фазами и одновременном сквозном коротком замыкании в системе.

Измерениями и расчетами при опыте работы по пяти фазам установлено, что в этом режиме токи нулевой последовательности замыкаются главным образом через нейтраль силовых трансформаторов приемной подстанции исследуемой передачи и лишь очень небольшая их часть замыкается через нейтрали отдаленных силовых трансформаторов. Также незначительно растекаются по системе и токи обратной последовательности. Поэтому при работе пятью фазами и передаче 106 тыс. кВА не требуется изменений в релейной защите остальных линий, необходимо лишь изменение уставок защиты от замыканий на землю линии, работающей пятью фазами. То же получается с защитой при работе двумя фазами.

В связи с тем, что рассматривается длительный несимметричный режим, следует считаться с вероятностью возникновения при этом где-либо в системе коротких замыканий. Сквозные короткие замыкания в системе 110 кВ вызывают меньше осложнения в действии защит, чем междуфазовые короткие замыкания в сети 6 кВ. В этом последнем случае при отключении фазы рассматриваемой передачи ток междуфазового замыкания в сети 6 кВ со стороны 110 кВ замыкается через землю и является, таким образом, дополнительным током нейтрали к уже существовавшему в передаче, работающей в несимметричном режиме. Этот дополнительный ток замыкается также и по линиям, работающим в симметричном режиме. Для того, чтобы при междуфазовых коротких замыканиях на стороне 6 кВ не отключались защитой от замыканий на землю линии 110 кВ, дополнительный ток не должен превышать определенной величины. Как показывают расчеты, этот ток не вызывает отключений линии 110 кВ при работе по пяти фазам и передаче 106 тыс. кВА и при работе по двум фазам и передаче 20 тыс. кВА. В последнем случае в работе находится один генератор.

Опытом было установлено, что при токе  $I_0 = 70-80$  а возможность разговора с диспетчером сохранялась, несмотря на наличие сильного фона. Указанное значение тока соответствует работе по пяти фазам и передаче 106 тыс. кВА. Появляющиеся при этом значительное напряжение между проводом связи и землей (до 150 в) снижается в несколько раз в результате установки на линиях связи фильтров тока с частотой 50 пер/сек. Это также проверено опытом.

Первый случай практической реализации длительного несимметричного режима исследованной передачи произошел 2 января 1951 г.

С электростанции передавалось в энергосистему около 60 тыс. кВт. Эта мощность передавалась по одной цепи (№ 1). Вторая цепь (№ 2) к этому времени выводилась из текущего ремонта. При замыкании на землю цепь № 1 отключилась действием защиты. Повторное ее включение было неудачным. Была включена в работу цепь № 2. Через 20 мин. действием защиты от замыкания на землю отключилась и цепь № 2. Ее повторное включение также было неудачно. Таким образом, гЭС оказалась отключенной от энергосистемы. Было установлено, что на цепи № 1 имеет место обрыв фазы с замыканием провода на землю; на цепи № 2 характер и место повреждения оставались еще не выясненными. Основываясь на вышеприведенных результатах испытаний, отключили оборванную фазу цепи № 1 с обоих концов и стали передавать энергию с гЭС по двум фазам этой цепи до вывода из ремонта цепи № 2. Линия не имеет пофазного управления, поэтому отключение поврежденной фазы заняло сравнительно много времени. Однако и при этом эффективность применения длительно несимметричного режима оказалась высокой. Первый час по двум фазам передавалось 32 тыс. кВт, а затем в течение около 3 час. 20—22 тыс. кВт. При передаче 32 тыс. кВт несимметрия  $\frac{I_2}{I_{ном}}$  на генераторе была

равна 21%, при передаче 22 тыс. кВт 15%. Из-за наличия сильного фона обычная связь с диспетчером была затруднена, но не прекращалась. Релейная защита системы работала нормально, защита от замыкания на землю линии, работающей двумя фазами, была отключена, так как не была еще подготовлена к работе при длительных несимметричных режимах.

Инж. К. Ф. Гагнидзе  
и канд. техн. наук Г. Н. Тер-Газарян

## Подстанции с автоматическими закорачивающими разъединителями

Представляет интерес двухлетний опыт эксплуатации подстанций без выключателей на стороне 110 и 35 кВ. Для отключения этих подстанций от сети на них установлены трехфазные разъединители, автоматически закорачивающие линии при действии релейной защиты на подстанции. Этот опыт показывает возможность в ряде случаев снизить капитальные и эксплуатационные расходы, связанные с установкой выключателей, без снижения надежности энергоснабжения.

1. Небольшая гидроэлектростанция, связанная с энергосистемой линией электропередачи 35 кВ по блоковой схеме трансформатор—линия—трансформатор (рис. 1), была подключена к энергосистеме без выключателя на стороне 35 кВ.

Отсутствие выключателя вызвало определенные затруднения с отключением трансформатора при работе его газовой защиты, а также в случае необходимости немедленного снятия напряжения с трансформатора.

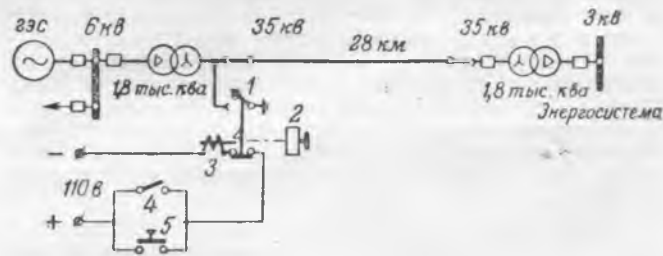


Рис. 1. Схема включения автоматического закорачивающего разъединителя на 35 кВ.  
1 — закорачивающий разъединитель; 2 — привод; 3 — отключающая катушка; 4 — выходной контакт газовой защиты; 5 — кнопка дистанционного сброса.

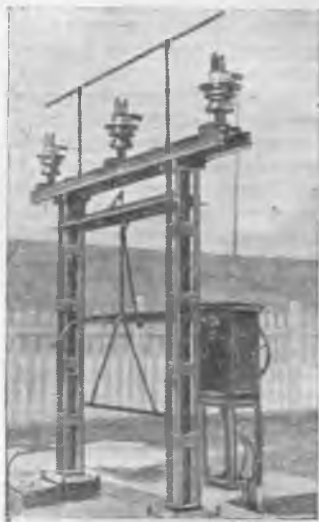


Рис. 2. Автоматический закорачивающий разъединитель 35 кВ.

три изолятора ШТ-30, с расстоянием между ними по 1500 мм. На изоляторах смонтированы стальные губки, в которые врубается горизонтально падающий стальной нож. Помощью привода КАМ нож заводится в верхнее положение и сбрасывается при расцеплении привода. Минимальное расстояние между губкой и ножом во взведенном положении составляет 330 мм.

Надежный контакт всей подвижной части закорачивающего разъединителя с контуром заземления создается гибким медным проводом сечением 35 мм<sup>2</sup>.

Перед вводом закорачивающего разъединителя в работу были проведены испытания с целью выяснения надежности работы в условиях, близких к действительным. Измеренное время срабатывания разъединителя с момента подачи команды на отключающую катушку до замыкания губок составляет 0,5 сек. В действительных условиях время наступления трехфазного замыкания будет несколько меньше.

После многократного испытания заземляющего разъединителя на действие от газовой защиты, от кнопки дистанционного отключения привода КАМ и при расцеплении привода от руки был проведен опыт включения разъединителя в условиях, когда на трансформатор 1,8 тыс кВа было подано напряжение от энергосистемы, а гидростанция была отключена. По расчету и по анализу осциллограмм ток короткого замыкания составлял 225 а. Опыт включения разъединителя был сделан дважды.

Осмотр губок и ножа разъединителя показал, что места оплавления ничтожны по своим размерам. Таким образом, опасения, что нож может привариться к губкам, оказались напрасными. При работе гидростанции в энергосистему расчетный ток короткого замыкания будет несколько больше (примерно 350 а).

За время эксплуатации был один случай включения разъединителя от действия газовой защиты. Этот случай имел место зимой; трансформатор не был одновременно долит маслом, и при резком понижении температуры окружающего воздуха газовая защита действовала на сигнал. Дежурный не смог выяснить причины появления сигнала и не снял действия газовой защиты на отключение. Защита сработала, включила закорачивающий разъединитель, что привело к отключению выключателя линии 35 кВ со стороны системы под действием токовой отсечки.

За время эксплуатации включение разъединителя многократно проверялось в различное время года при снятом напряжении с трансформатора; во всех случаях отказов в работе не было.

II. На вновь строящейся районной подстанции возникла необходимость ввода в работу трансформатора 10 тыс. кВа 110/38,5/6,6 кВ, не дожидаясь окончания строительства подстанции, поскольку питающая линия 110 кВ была уже сооружена.

Решено было включить трансформатор в работу без выключателя на стороне 110 кВ, установив изготовленный

Автором было предложено установить трехфазный разъединитель, который закорачивал бы сторону 35 кВ при действии газовой защиты. При этом возникает полное короткое замыкание на линии и линия отключается защитой со стороны энергосистемы. Со стороны энергосистемы предусмотрено АПВ, которое в настоящее время и осуществлено.

Закорачивающий разъединитель был изготовлен и установлен на месте силами ремонтного персонала гЭС. Конструктивно он выполнен следующим образом (рис. 2). На фундаменте, который еще при строительстве был заготовлен для выключателя ВМ-35, установлена металлическая П-образная конструкция высотой 2500 мм над фундаментом, на которой установлено

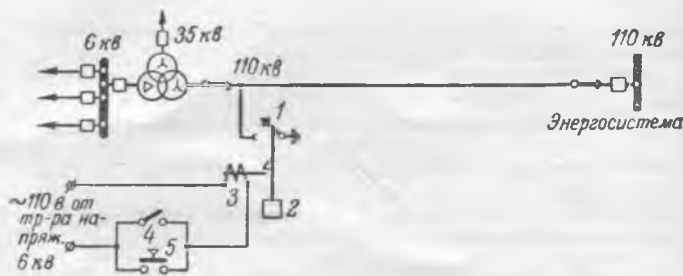


Рис. 3. Схема включения автоматического закорачивающего разъединителя на 110 кВ.

1 — закорачивающий разъединитель; 2 — груз; 3 — отключающая катушка; 4 — выходной контакт газовой защиты; 5 — кнопка дистанционного сброса.

на месте автоматический закорачивающий разъединитель (рис. 3).

Конструктивно закорачивающий разъединитель выполнен иначе, чем на 35 кВ; на деревянной конструкции был смонтирован обычный заземляющий разъединитель на две фазы, поворотного типа (рис. 4). Выполнить трехфазный разъединитель не удалось, так как конструкция получилась чрезмерно тяжелой. Вал, на котором укреплены ножи закорачивающего разъединителя, вращается на шариковых подшипниках. Губки ножей укреплены на колонках изоляторов линейного разъединителя. Во избежание повреждения изоляторов дугой губки отнесены от головок изоляторов на 1000 мм.

Завод заземляющего разъединителя осуществляется от руки подъемом рычага с грузом, укрепленным на валу. Во взведенном положении он удерживается защелкой, освобождаемой отключающей катушкой. Минимальное расстояние между губкой и ножом во взведенном положении около 1200 мм.

Отключающая катушка питается переменным оперативным током от трансформатора напряжения 6 кВ.

Измеренное время сброса разъединителя составляет 0,6 сек.; испытаний на короткое замыкание не проводилось. Расчетный ток двухполюсного короткого замыкания на землю составляет 1200 а.

Через год после ввода в работу имело место включение закорачивающего разъединителя от газовой защиты трансформатора 10 тыс. кВа. При этом со стороны энергосистемы линия отключалась действием земляной и междуфазовой отсечек.

Персоналом подстанции выключатель линии был включен вручную повторно (во время на подстанции не было введено АПВ линии из-за неготовности новой аккумуляторной батареи), но линия снова была отключена защитой.

В этом случае, как и на 35 кВ, оплавления ножей и губок были ничтожными, явления приваривания их не

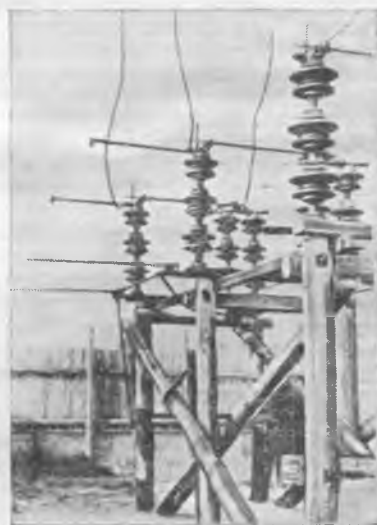


Рис. 4. Автоматический закорачивающий разъединитель 110 кВ.

было; закорачивающий разъединитель мог быть снова использован без какого-либо ремонта.

Действие газовой защиты трансформатора 10 тыс. *кв*а было вызвано наличием внутреннего повреждения. Обследование газового реле показало, что газ горит.

При внутреннем осмотре обнаружено витковое замыкание на переключателе напряжения стороны 35 *кв*, вызванное металлической проволокой от бирки, оставленной по небрежности заводом-изготовителем. Повреждение возникло вскоре после включения трансформатора в работу (трансформатор кратковременно отключался для перевода переключателя 35 *кв* из III в I положение).

### Выводы

1. Опыт сооружения и эксплуатации автоматических закорачивающих разъединителей показывает целесообразность их внедрения в энергосистемах, и особенно на стороне высшего напряжения потребителей установок. Это мероприятие даст заметную экономию средств, так как выключатели высшего напряжения наиболее дороги и требуют большего внимания в эксплуатации.

2. Применение закорачивающих разъединителей в сочетании с автоматическими разъединителями у трансформаторов и при наличии соответственно настроенного АПВ на головном выключателе линии позволит избежать установки выключателей при наличии нескольких трансформаторов на тупиковой подстанции. После накопления опыта область применения закорачивающих разъединителей может быть еще расширена.

3. Закорачивающий разъединитель помимо своего прямого назначения может быть использован вместо переносных заземлений. По этим соображениям разъединитель целесообразно выполнять трехфазным.

4. Назрела необходимость выпуска рекомендаций по применению подобных схем, изготовления типовых чертежей автоматических закорачивающих разъединителей, с возможностью их производства на месте, а в дальнейшем и заводским способом.

Инж. Ф. Ф. Дерюгин

### ОТ РЕДАКЦИИ

*Редакция считает, что установка заземляющих разъединителей должна найти дальнейшее применение, в первую очередь на тупиковых подстанциях. Она позволит значительно снизить стоимость подстанций, уменьшить потребность в выключателях и упростить эксплуатацию, без какого-либо снижения надежности электроснабжения. Для накопления опыта целесообразно включить в ближайшее время еще ряд подстанций по описанной схеме.*

## Стальные кабельные муфты

В «Руководящих указаниях по монтажу и эксплуатации кабельных линий», в учебных пособиях, а также в чертежах, по которым завод «Севкабель» изготавливал концевые муфты типа КО-35, КО-6 наружной установки и типа КО-6-10 внутренней установки (рис. 1) для кабелей с отдельно освинцованными жилами корпусы муфт и вводные фланцы предлагается выполнять из цветного металла.

В 1950 г. в Горсети Горэнерго была разработана конструкция концевой муфты наружной установки для кабеля с отдельно освинцованными жилами напряжением 6 *кв* и сечением  $3 \times 240 \text{ мм}^2$ , корпус и вводной фланец которой изготовлены из стали вместо цветного металла.

Для устранения чрезмерного нагрева корпуса муфты и фланца, вызываемого вихревыми токами и явлением гистерезиса (что может иметь место в магнитных материалах при прохождении больших токов в кабеле), в корпусе и фланце сделаны с одной стороны на всю их высоту продольные осевые разрезы шириной 5 *мм*, которые пропаяны латунью (рис. 2).

Изготовленная таким образом концевая муфта со стальным корпусом и фланцем была испытана в лаборатории для определения нагрева стального корпуса в зави-

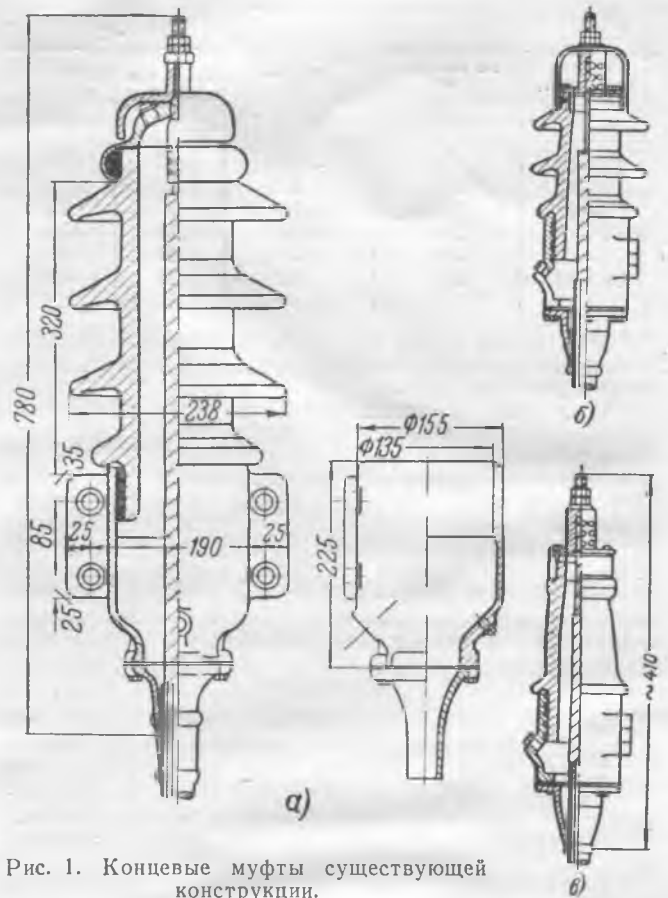


Рис. 1. Концевые муфты существующей конструкции.

*а* — напряжением 35 *кв* для наружной установки типа КО-35; *б* — напряжением до 6 *кв* для наружной установки типа КО-6 (завода «Севкабель»); *в* — напряжением до 10 *кв* для внутренней установки типа КО-6-10 (завода «Севкабель»).

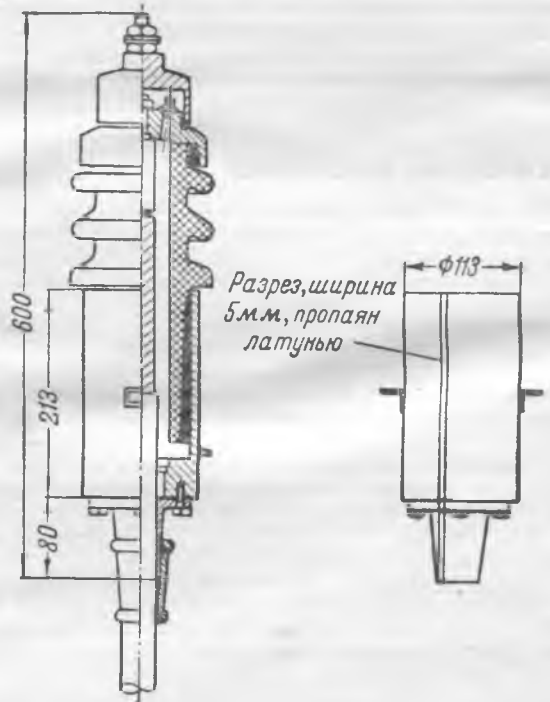


Рис. 2. Однофазная концевая муфта напряжением 6 *кв* для кабеля сечением  $240 \text{ мм}^2$ , установленная в Горсети.

симости от нагрузки на кабеле, причем одновременно испытанию были подвергнуты два образца (один с разрезом корпуса и его пропайкой, второй — без разреза корпуса). Результаты испытания приведены в таблице.

Время измерения, час.—мин.	Ток нагрузки на кабель, а	Температура окружающей среды, °С	Температура корпуса, °С	
			Корпус с разрезом	Корпус без разреза
11—40	0	+20	20	20
12—40	100	+20	20	20
13—40	200	+20	21	24
14—40	300	+20	23	36
15—40	400	+20	26	48
26—40	500	+20	28	52

Из таблицы видно, что муфта с разрезным корпусом и фланцем пригодна для всех случаев, а неразрезная — только для токов 150 — 200 а.

После ряда испытаний в 1950 г. были изготовлены концевые муфты с разрезным корпусом наружной установки и смонтированы на кабеле сечением  $3 \times 240$  мм<sup>2</sup> с отдельно освинцованными жилами, который в том же году был включен в работу. Нагрузка на кабеле поддерживалась 220 — 250 а.

Семимесячные наблюдения за поведением в эксплуатации концевых муфт со стальными корпусами в осенне-зимний максимум 1950 — 1951 гг. при указанной нагрузке кабеля показали, что они ведут себя хорошо, и никаких дефектов за этот период эксплуатации не было обнаружено.

### Выводы

На основании проведенных испытаний и наблюдений в период эксплуатации можно сделать следующие выводы:

1. Для кабелей с отдельно освинцованными жилами напряжением до 35 кВ при изготовлении однофазных концевых муфт наружной и внутренней установки цветной металл корпусов и вводных фланцев можно заменить сталью.

2. Для кабелей, у которых пропускная способность и нагрузка выше 200 а, в стальном корпусе и вводном фланце муфты необходимо сделать односторонний осевой разрез шириной не менее 5 мм по всей высоте и пропаять латуной.

3. Для кабелей, у которых пропускная способность и нагрузка не превышают 200 а, можно применять стальной корпус и вводной фланец без разреза.

Инж. П. В. Терников

## Источник питания мегомметра при снятии кривых абсорбции

При снятии кривых абсорбции изоляции обмоток высоковольтных машин обычно применяют мегомметр на 1000 в со шкалой до 1000 мгом, причем время непрерывного измерения доходит до 10 мин. и более, что довольно утомительно и требует лишнего человека при испытаниях.

Для устранения этого неудобства у мегомметра отнималась рукоятка вращения с шестереночной передачей и приставлялся электродвигатель переменного тока 25—30 вт. Это избавляло от утомительного вращения рукоятки и освобождало лишнего человека при измерении, но превращало мегомметр в прибор узко специального назначения, так как его уже нельзя было взять на измерение туда, где нет поблизости сети для включения электродвигателя.

Экспериментальной мастерской электролаборатории тэи по предложению автора был сконструирован и изготовлен кенотронный выпрямитель для питания мегомметра при снятии кривых абсорбции.

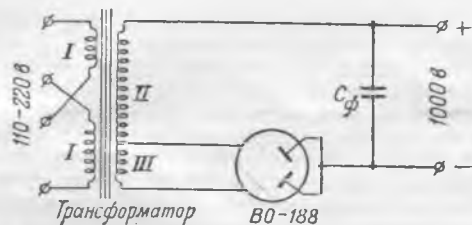


Рис. 1. Схема выпрямителя.

Как видно из рис. 1, выпрямитель выполнен по однопериодной схеме выпрямления на кенотроне типа В0-188 с закороченными анодами. Накал кенотрона 4 в, питается он от части высоковольтной обмотки силового трансформатора.

Силовой трансформатор бронированного типа мощностью 25 вт собран на стали ПЭ-20 с сечением сердечника 5 см<sup>2</sup>. Первичная обмотка трансформатора состоит из двух секций, чтобы иметь возможность включать прибор к сети 110 или 220 в.

На выходе выпрямителя, для сглаживания пульсации выпрямленного напряжения, включен фильтровый конденсатор  $C_{\phi}$  емкостью 2 мкф с рабочим напряжением 2 кВ.

Напряжения на трансформаторе обмотка II — 960 в, обмотка III — 4 в.

Напряжение на выходе выпрямителя равно 1000 в при токе замера, равном 5—6 ма. Обмоточные данные силового трансформатора: I— $2 \times 1100$  витков ПЭ=0,3; II—9560 витков ПЭ-0,09; III—40 витков ПЭ-1,1.

Выпрямитель оформлен в небольшом металлическом футляре размером  $200 \times 160 \times 80$  мм с выводом наружу зажимов входа и выхода выпрямителя и миниатюрным двухполюсным рубильником для включения его в сеть.

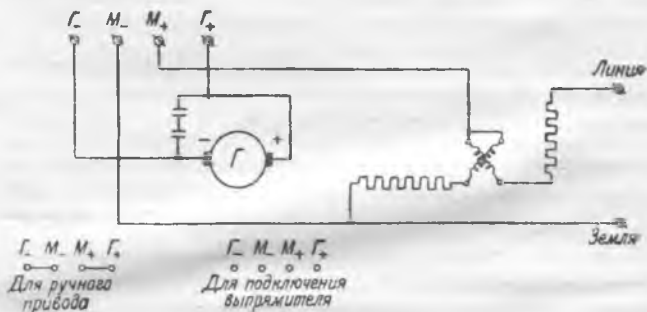


Рис. 2. Схема подключения дополнительной сборки зажимов к мегомметру.

На правой стороне мегомметра, как показано на рис. 2, устанавливается дополнительная сборка зажимов от реле ЭТ завода ХЭТЗ, на которой выводятся измерительная система (зажимы Г- и Г+) и генератор мегомметра (зажимы М- и М+). Эта схема позволяет подключить выпрямитель к измерительной системе. Установка закорачивающих планок на зажимы Г- и М-, Г+ и М+ превращает прибор в обычный мегомметр ручного привода. Основная сборка зажимов мегомметра во всех случаях используется, как обычно.

Необходимо заметить, что выпрямитель не следует включать без нагрузки, так как кенотрон в этом случае может быть поврежден.

Нагрузкой на выпрямитель является цепь напряжения мегомметра, которая при разомкнутых основных зажимах мегомметра потребляет около 4—5 ма.

Д. И. Бочкарев:

## В Техническом управлении Министерства

### Об определении необходимости сушки трансформаторов

Техническим управлением МЭС выпущен эксплуатационный циркуляр (№ 3/Э от апреля 1951 г.) по определению необходимости сушки вновь вводимых в эксплуатацию или проходящих капитальный ремонт трансформаторов всех мощностей напряжением 20 кВ и выше и трансформаторов мощностью 3 200 кВА и выше, напряжением до 20 кВ.

#### I. Трансформаторы, вновь вводимые в эксплуатацию

Вновь устанавливаемые трансформаторы (прибывшие непосредственно от завода-изготовителя) не требуют сушки, если полностью соблюдены соответствующие требования «Инструкции по эксплуатации силовых трансформаторов».

В случае, когда эти требования не выполнены или когда трансформатор получен не от завода-изготовителя, для решения вопроса о сушке должны быть произведены следующие испытания:

- а) определение отношения емкостей при частотах 2 и 50 пер/сек (при наличии соответствующего прибора);
- б) измерение тангенса угла диэлектрических потерь ( $\text{tg } \delta$ ) (измерение обязательно только при отсутствии возможности проведения измерений по п. «а»);
- в) измерение 15- и 60-секундных значений сопротивления изоляции с помощью мегомметра;
- г) испытание масла (если трансформатор прибыл с маслом).

Решение вопроса о необходимости сушки должно приниматься на основании комплексного рассмотрения всех результатов испытаний и условий, в которых находился трансформатор до монтажа. При этом следует руководствоваться следующими указаниями:

1. Основным критерием для оценки общего увлажнения изоляции трансформатора является отношение емкостей  $\frac{C_2}{C_{50}}$ , а при отсутствии соответствующих измерений — величина тангенса угла диэлектрических потерь.

При неувлажненной изоляции отношение  $\frac{C_2}{C_{50}}$  не превышает, как правило, следующих значений:

при температуре порядка 10° С . . . . .	1,2
20° С . . . . .	1,3

Если измерения производятся при более низких температурах и величина  $\frac{C_2}{C_{50}}$  превышает указанные выше значения, изоляцию следует считать увлажненной; если же, величина  $\frac{C_2}{C_{50}}$  определяется при низких температурах и лежит в пределах значений, указанных выше, то трансформатор следует нагреть до 15—20° С и произвести повторные измерения.

Значения  $\text{tg } \delta$  для обмоток трансформаторов должны быть не выше:

Номинальное напряжение испытываемой обмотки, кВ	tg δ при температуре, °С				
	5	10	20	30	40
50 и выше . .	1,5	2	2,5	4,0	6,0
35 и ниже . .	2,0	2,5	3,5	5,5	8,0

Если измеренные значения  $\frac{C_2}{C_{50}}$  или  $\text{tg } \delta$  (при отсутствии данных по  $\frac{C_2}{C_{50}}$ ) превышают указанные значения, то в сомнительных случаях (например, если это превыше-

ние незначительно) вопрос о сушке решается на основании сравнения результатов измерения емкостей в нагретом (порядка 70° С) и холодном (10—30° С) состоянии трансформатора.

Такие же измерения производятся при отсутствии аппаратуры для определения величин  $\frac{C_2}{C_{50}}$  или  $\text{tg } \delta$ . Отношение емкостей  $\frac{C_{200}}{C_{50}}$  не должно превышать 1,3.

2. Дополнительным критерием оценки состояния изоляции являются абсолютное 60-секундное значение сопротивления изоляции и отношение  $\frac{R_{60''}}{R_{15''}}$ . Эти величины

не нормируются, оценка по ним производится путем сравнения с данными предшествующих измерений (для новых трансформаторов — с данными измерений, произведенных на заводе-изготовителе), результатами измерений на однотипных трансформаторах и т. п. Если результаты измерений  $\frac{C_2}{C_{50}}$  и  $\text{tg } \delta$  указывают на отсутствие общего увлажнения изоляции, а абсолютное значение сопротивления изоляции и отношение  $\frac{R_{60''}}{R_{15''}}$  резко отличаются (в сторо-

ну уменьшения) от обычных для данного типа трансформатора значений, то следует выяснить возможную причину понижения сопротивления изоляции; если такой причиной является местный дефект, то следует принять меры по ликвидации его.

Сравнивать следует значения, полученные при одинаковых или близких температурах.

3. У всех трансформаторов, прибывших с маслом, производится испытание масла.

Во всех случаях, когда масло оказывается увлажненным, а результаты остальных испытаний указывают на отсутствие увлажнения изоляции обмоток, его следует сменить, а трансформатор не подвергать сушке.

#### II. Трансформаторы, прошедшие капитальный ремонт

Трансформаторы, прошедшие капитальный ремонт, могут быть залиты маслом и включены без сушки, если выемная часть их находилась на воздухе влажностью порядка 70% (или менее) не более следующих сроков:

для трансформаторов 35 кВ и ниже . . . . .	24 час.
100 кВ и выше . . . . .	16 час.

Температура выемной части трансформатора при ремонте должна быть возможно выше температуры окружающего воздуха (но не менее чем на 5° С).

Определение необходимости сушки после капитального ремонта для трансформаторов, выемная часть которых находилась на воздухе дольше указанных сроков или при повышенной влажности воздуха, производится путем сравнения результатов замеров, произведенных до ремонта и после ремонта при одинаковых, по возможности, условиях (при одинаковых или близких температурах, при наличии, или отсутствии в обоих случаях масла в баке и т. п.).

Измерения производятся в объеме, предусмотренном в пп. «а», «б» и «в» раздела I.

Трансформатор может быть включен без сушки при условии, если во время ремонта сопротивление изоляции (одноминутное значение) понизилось не более чем на 40%,

отношение  $\frac{C_2}{C_{50}}$  (если оно измеряется) возросло не более чем на 5%, а  $\text{tg } \delta$  возрос не более чем на 30% от соответствующих первоначальных значений.

Если измерения одной из этих величин или всех их больше вышеуказанных, но абсолютные значения удовлетворяют требованиям, изложенным в разделе I настоящего циркуляра, то сушки также не требуется.

#### III. Определение момента окончания сушки трансформаторов

При сушке трансформаторов контроль влажности производится по сопротивлению изоляции. Сушку можно считать оконченной, если в течение 6 час. при постоянной температуре сушки сопротивление изоляции не меняется.



# Содержание журнала „Электрические станции“ за 1951г.<sup>1</sup>

## I. Общие вопросы

Рапорт товарищу И. В. Сталину Министра электростанций Д. Жимерина	I	3
Письмо товарищу И. В. Сталину от рабочих, работниц, инженеров, техников и служащих электростанций и сетей Московской энергетической системы Министерства электростанций	VIII	3
Письмо товарищу И. В. Сталину от рабочих, работниц, инженеров, техников и служащих строительства Шекинской грес Министерства электростанций	IX	3
Обращение ко всем рабочим и инженерно-техническим работникам, занятым эксплуатацией и ремонтом строительных машин, механизмов, автомобильного и железнодорожного транспорта на строительстве Министерства электростанций	VII	3
Жимерин Д. Г. — Победа советских энергетиков	I	4
Жимерин Д. Г. — Строительство электроэнергетической базы коммунизма	VI	2
Передовая — Итоги работы энергетиков в 1950 г. и задачи на 1951 г.	II	3
Передовая — За высокую культуру эксплуатации, за безаварийную работу электростанций и сетей	III	3
Передовая — Шире внедрять новую технику в строительство энергетических объектов	IV	3
Передовая — Образцово отремонтировать оборудование электростанций и сетей	V	3
Передовая — За быстрое устранение недостатков в области капитального ремонта	VII	5
Передовая — Социалистическое соревнование советских энергетиков	VIII	4
Передовая — Образцово провести осенне-зимний максимум 1951/52 г.	IX	4
Передовая — За дальнейшее внедрение автоматики и телемеханики	X	3
Передовая — Неуклонно улучшать технические показатели эксплуатации электростанций	XI	3
Передовая — Снижение стоимости строительства электростанций — важнейшая народнохозяйственная задача	XII	3
Энергетики — лауреаты Сталинской премии	V	6
	VI	10

## II. Вопросы работы энергосистем и станций

Бейгман Л. Б. — Экономические поправки к методу относительных приростов (Обмен экпл. опытом)	IX	53
Бронников А. И. — Внедрение централизованного ремонта в энергосистеме	IV	17
Гущин А. И. и Шабаров А. М. — Внедрение метода инж. Ковалева на эксплуатации тепловой электростанции (Обмен экпл. опытом)	III	54
В. С. — Из опыта организации наглядной агитации (Обмен экпл. опытом)	III	55
Имбрицкий М. И. — О ремонтно-механических мастерских электростанций	X	24
Квирин И. И. (рефер.) — Электростанции с газотурбинными установками замкнутого цикла	I	62

Квирин И. И. (рефер.) — Ускоренный пуск котлов и турбин большой мощности	VI	61
Киреев М. И. — Электрические нагрузки жилых и общественных зданий	VI	41
Нисенбаум С. Г. — Внутриводской хозрасчет в действии (Обмен экпл. опытом)	VI	48
Погосян И. А. и Сербиновский Г. В. — Об электрических нагрузках сети низкого напряжения Москвы	VI	39
Рассадников Е. И. (рефер.) — Электростанции с промежуточным перегревом пара	VI	62
Совещание по вопросу совместной работы тепловых и гидравлических электростанций (Хроника)	X	63
Совещание работников энергосистем и электростанций Главюзэнерго по обмену опытом безаварийной работы (Хроника)	II	58
Тейхман Л. Ф. — Электрические нагрузки городских сетей низкого напряжения	VI	38
Фрейдин В. И. — Номограммы для определения экономичности работы электростанции (Обмен экпл. опытом)	VI	49
	X	53
Цыганов С. В. — Анализ потерь в энергосистеме и пути их снижения	V	29
Якуб Ю. А. (рефер.) — Опыт эксплуатации конденсаторов для повышения коэффициента мощности	II	62

## III. Проектирование, вопросы строительства и монтажа электростанций и сетей

Абакумов Н. И. — Сборные блочные бетонные фундаменты под опоры линии электропередачи 110 кв (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IV	49
Абрамсон Ц. Р. — Строительство каналов из сборных конструкций (Обмен строит.-монтажн. опытом)	II	49
Анрианов Д. М. — Передвижной электросварочный пост (Обмен экпл. опытом)	VI	51
Он же — Индустриализация работ по ошиновке	IX	27
Антонов Е. А. — Изготовление свинцовых труб без швов для кабельных муфт (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VII	46
А. П. — Гашение извести с малыми отходами (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IV	43
Барденштейн С. Е. — Станок для изготовления бетонных труб (Обмен строит.-монтажн. опытом)	X	46
Бендерский И. И. — Монтаж тяжелой дымовой трубы (Обмен строит.-монтажн. опытом)	X	49
Боголюбский К. Н. — Железобетонные пасынки для линий электропередачи	XII	29
Боровой А. А. — Типовое проектирование тепловых электростанций	VII	22
Булгаков В. В. — Применение мостового крана в котельных высокого давления	X	27
Бутенко Н. Л. — Пневматическая подача раствора для обмуровочных работ (Обмен строит.-монтажн. опытом)	V	46
Он же — Изготовление металлоконструкций здания электростанции силами монтажной организации (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VII	43
Вексельман О. Г. — Некоторые пути дальнейшего снижения стоимости строительства линий электропередачи	VII	29

<sup>1</sup> Римскими цифрами показаны номера журнала, арабскими цифрами — номера страниц.

<b>В. З.</b> — Водонепроницаемые расширяющиеся и безусадочные цементы (Обмен строит.-монтажн. опытом)	III 50	<b>Приможенов К. Н.</b> — Использование автокрана на монтаже открытой подстанции 220 кв (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VII 45
<b>Он же</b> — Некоторые дополнительные данные из практики применения хлорированных растворов (Обмен строит.-монтажн. опытом)	V 47	<b>Розенберг Б. И.</b> — Экономическая целесообразность строительства дополнительных линий в электрических сетях	IX 30
<b>Воскобойник Н. С. и Утропов В. И.</b> — О возможности улучшения характеристик блочности котла ТП-170-1	III 27	<b>Рывкин Я. З.</b> — Такелажная схема при монтаже котла в последней ячейке закрытой котельной	V 20
<b>Воскобойник Н. С.</b> — Монтаж котельного агрегата ТП-170-1	VI 26	<b>С. Б. (рефер.)</b> — Рост стоимости строительства электростанций в США	IX 63
<b>Гаврилов Л. Г. и Гурвич К. А.</b> — Строительство подземной насосной методом опускного колодца (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IX 48	<b>Свердлов П. М., Соколов Б. В. и Тер-Ованесов Г. С.</b> — Сборные железобетонные фундаменты для опор линий электропередачи	VIII 24
<b>Гинзбург-Шик Л. Д.</b> — Электролебедки с тросоукладчиками и концевыми выключателями (Обмен строит.-монтажн. опытом)	III 51	<b>Скворцов В. В.</b> — Железобетонные сваи под опоры линий электропередачи (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XII 48
<b>Он же</b> — Монтаж перегружателя угля (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IX 49	Совещание передовых рабочих и инженерно-технических работников строительств электростанций и торфопредприятий по обмену опытом механизации земляных работ (Хроника)	VII 59
<b>Гробокопатель С. Б.</b> — Некоторые итоги строительства главного корпуса тепловой электростанции	IX 23	Совещание по обмену опытом механизации работ и внедрению скоростных методов монтажа на электростанциях (Хроника)	IX 62
<b>Гульденбалк В. В. и Кастанович М. М.</b> — Узкобазные опоры на линиях электропередачи 220 кв	IV 21	<b>Сосонская А. Я. и Янкелев Л. Ф.</b> — Безасбестовые смеси для выравнивания поверхности термоизоляции (Обмен строит.-монтажн. опытом)	I 53
<b>Он же</b> — О выборе конструкции сборного железобетонного фундамента для металлических опор 110 и 220 кв	VIII 31	<b>Турчин Н. Я.</b> — Применение электропрогрева при производстве бетонных работ (Обмен строит.-монтажн. опытом)	I 52
<b>Гуриленок А. С. и Лапин Е. М.</b> — Прокладка стальных воловдов под железнодорожными путями методом продавливания	XI 26	<b>Удовиченко Б. А.</b> — Расстановка опор высоковольтной линии с учетом провесов проводов при обрыве	XI 32
<b>Дуткин Г. С.</b> — Переход линии электропередачи 110 кв через реку (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XII 46	<b>Фидельман О. И.</b> — Устройство огнестойких перегородок в кабельных туннелях (Обмен строит.-монтажн. опытом)	III 53
<b>Желтов Л. Г.</b> — Гидромеханизация добычи гравия и песка (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VI 43	<b>Он же</b> — Изготовление сетчатых ограждений (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IV 49
<b>Зайдман Э. Д.</b> — Сварка хромалевок сталей	I 20	<b>Филимончук И. И.</b> — Перемещение тяжелых грузов на большие расстояния в практике строительства линий электропередачи (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VIII 49
<b>Зандберг Ф. А.</b> — Два случая аварии вантовых кранов-дерриков (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IV 44	<b>Хромченко Г. Е.</b> — Механизация работ по прокладке кабелей	XII 31
<b>Каган Г. М. и Тихомиров Г. П.</b> — Переход высоковольтных линий 35 кв с установкой опор в реке (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VIII 49	<b>Частухин В. И.</b> — Простой способ крепления троса при воздушной прокладке трубопроводов (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IV 48
<b>Казунин А. Я. и Якобсон Г. И.</b> — Вопросы индустриализации жилищного строительства на электростанциях	II 22	<b>Червоненкис Я. М. (рефер.)</b> — Стальные трубы с бетонным заполнением для опор высоковольтных линий	VII 62
<b>Каспарян Б. Н.</b> — Применение ракушечника в строительстве (Обмен строит.-монтажн. опытом)	I 52	<b>IV. Топливо, его хранение, транспорт, приготовление и сжигание</b>	
<b>Киссельгоф З. С.</b> — Использование старых ферм для монтажа металлоконструкций при реконструкции здания (Обмен строит.-монтажн. опытом)	X 50	<b>Баженов И. Р.</b> — Опыт эксплуатации шаровой барабанной мельницы 287/430 (Обмен экспл. опытом)	XII 51
<b>Князев А. Г.</b> — Высокопроизводительная нагревательная печь для гнутья труб (Обмен строит.-монтажн. опытом)	I 54	<b>Зайцев В. Г.</b> — Подвод воздуха в холодную воронку топки с шахтными мельницами при сжигании бурого угля (Обмен экспл. опытом)	IV 50
<b>Кобяков Б. А. и Фарбер Б. Д.</b> — Инвентарный сборно-разборный бетонный завод	III 22	<b>Карпинский В. Н. и Кутателадзе К. К.</b> — Шкивный электромагнитный сепаратор (Обмен экспл. опытом)	IV 51
<b>Ковальчук А. А., Корчинский Е. К. и Штильман В. Е.</b> — Упрощенный способ крупноблочного монтажа металлического каркаса градирни (Обмен строит.-монтажн. опытом)	V 47	<b>Квирин И. И. (рефер.)</b> — Циклонная топка с избыточным давлением	VIII 62
<b>Колесников В. В.</b> — Приспособления для сборки блоков экономайзера (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XI 48	<b>Куломзин В. М.</b> — Система смазки углеразмольных шаровых мельниц типа 287/470 (Обмен экспл. опытом)	II 51 V 64
<b>Лещинский Ю. Е.</b> — Усиление основания здания с использованием фундамента турбогенератора (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XI 47	<b>Мойсеевич С. И.</b> — Совместное сжигание доменного газа и пыли АШ	IV 6
<b>Логунов Ф. Г.</b> — Монтаж турбовоздуховодки без мостового крана (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VIII 51	<b>Радощинский Б. И.</b> — Рациональные клапаны-мигалки на трактах топлива и золы	II 13
<b>Львов А. С.</b> — Станок для гнутья труб (Обмен строит.-монтажн. опытом)	II 50	<b>Рысаков Н. Ф.</b> — Реконструкция подсушивающей шахты топки Макарьева для торфа (Обмен экспл. опытом)	XI 53
<b>Михалев Б. Н.</b> — Конструкции шин коробчатого типа (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VI 45	<b>Хейфец С. Х.</b> — Эксплуатация кранов ПК-2 на угольных складах электростанций	XI 14
<b>Наймарк И. Т. и Степанов П. М.</b> — Приспособления для разделки очков в барабанах котла высокого давления (Обмен строит.-монтажн. опытом)	IV 46	<b>Эберлин Л. А.</b> — Улучшение сепарации пыли в шахтных мельницах (Обмен экспл. опытом)	X 53
<b>О</b> применении древесины лиственных пород в строительстве. (Хроника Произв.-техн. управления по строит.)	IX 62		

**V. Улавливание, удаление и использование золы и шлаков**

Альперович М. А. и Ужов В. Н. — Новые отечественные аппараты для глубокой очистки дымовых газов от золы	IX 7
Они же — Эксплуатационная проверка батарейного циклона с элементами нового типа	XII 10
Зайцев М. М., Тверовский Е. Н. и Широков Ф. А. — Батарейные циклоны с элементами нового типа	XII 6
Успенский В. А. — Пневмогидравлическое золоудаление	XI 19

**VI. Котлы и котельное оборудование**

Ашмарин М. А., Васильева Г. Н., Залкинд И. Я. и Красовицкий А. И. — Футеровка из огнеупорных масс топки, работающей на антрацитовом штыбе	III 10
Биман В. М. и Лепешкин А. И. — Реконструкция прямоточного котла с вертикальными экранами	X 6
Бондарев Н. М., Лепешкин А. И. и Парамонов А. Ф. — Пуск и наладка прямоточного котла с вертикальными экранами	X 14
Булютин А. А. — Применение рециркуляции котловой воды (Обмен эксл. опытом)	VII 50
Бычковский А. Л. и Шашин М. Н. (Поправка к статье «Устранение разгерметичности в перегревателях котельных агрегатов высокого давления», помещенной в № 11 за 1950 г.)	I 13
Вайнер М. А. и Хижняк С. П. — Повышение экономичности котельных агрегатов (Обмен эксл. опытом)	XI 51
Варичев В. А. — О работе радиационных перегревателей котельных агрегатов высокого давления	II 7
Гуляев М. А. — Ударная сажеобдувка для пароперегревателей и водяных экономайзеров	II 16
Долгарт Ф. З. и Цейтлин Л. А. — Повышение стойкости огнеупорной обмуровки	XII 12
Имбрицкий М. И. — Механизация притирки арматуры	III 14
Он же — Изготовление гребенчатых прокладок для фланцевых соединений установок высокого давления (Обмен эксл. опытом)	VIII 53
Квицин И. И. (рефер.) — Борьба со шлакованием	II 61
Он же (рефер.) — Вторичный газовый перегрев пара	VII 61
Кибрик П. С. и Януцевич Ф. П. — Испытания котла энергопоезда В-1,0 на каменном угле	VI 17
Комиссаров В. А. — Первые результаты эксплуатации экономайзера низкого давления	VIII 6
Корж Н. А. — Повреждение воздухоподогревателя от загорания отложений (Обмен эксл. опытом)	XI 52
Кошелев И. И. и Шмуклер Б. И. — Пуск и наладка на высоком давлении прямоточного котла Рамзина	VI 12
Кузнецова Э. Д. и Соколов В. С. — Исследование сварки труб пароперегревателей из стали сиромаль 7	V 16
Леваков А. В. — Повышение температуры перегрева пара в котлоагрегатах с мазутной топкой (Обмен эксл. опытом)	XII 51
Макарян С. Н. — Ликвидация пережога труб пароперегревателя (Обмен эксл. опытом)	VII 48
Новые правила Главкотлонадзора (Хроника)	IV 60
Наплавка бил шахтных мельниц (Хроника)	VI 57
Попов А. Г. — Освоение котлов высокого давления	III 6
Посутман В. М. — Улучшение шахтно-цепных торфяных топок (Обмен эксл. опытом)	VII 48
Ракитин В. С. — Наладка работы поверхностного парохладителя (Обмен эксл. опытом)	IV 51
Рывкин Я. З. — О качестве изготовления деталей котельных агрегатов (Обмен строит.-монтажн. опытом)	II 47
Рысаков Н. Ф. — Двухступенчатое испарение с односторонним соленым отсеком (Обмен эксл. опытом)	XII 49
Сидоров П. А. — Газовая перегородка из фасонного кирпича «Восьмерка» на кипячительных трубах (Обмен эксл. опытом)	XI 52
Стырикович М. А. — О применении ступенчатого испарения при питании котлов конденсатом	XII 18

Трифонов Е. В. — Упрощенный способ статической балансировки роторов дымососов (Обмен эксл. опытом)	XI 53
Хижняк С. П. и Чулков Е. И. — Первые итоги изготовления и эксплуатации шипового экрана	VII 8
Шейнин Б. И. и Корчинский Е. К. — Сессия по изготовлению и эксплуатации котлов высокого давления с естественной циркуляцией (Хроника)	IV 61

**VII. Турбоустановки, насосы, трубопроводы, арматура**

Азбукин Ю. И. — Балансировка турбинного ротора с термической нестабильностью (Обмен эксл. опытом)	IX 56
Берман Л. Д. — О выборе системы водоснабжения и конденсационного оборудования тепловой электростанции	IX 15
Владиславлев Л. А. — Испытания поворотнлопастной гидротурбины	IV 14
Гедройц И. К. и Тараканов В. П. — Эксплуатация системы оборотного водоснабжения с брызгальным бассейном (Обмен эксл. опытом)	V 52
Голянский Ш. Ц. — Устранение дефектов сварного ротора турбины (Обмен эксл. опытом)	III 57
Гришук И. К. — Экономический вакуум для паротурбинных установок с центральной насосной	I 14
Губанов А. М. — Об особенностях конструкции турбин АЕГ (Обмен эксл. опытом)	VII 52
Давидовский О. Н. — Вопросы износа и поврежденный зубчатых передач	V 10
Домбровский Г. Е. и Трофименко Я. С. — Электронский способ выполнения отверстий в рабочих лопатках турбины (Обмен эксл. опытом)	X 55
Дядюченко А. Д. — Борьба с парениями дренажных баков (Обмен эксл. опытом)	VI 52
Жевахов Д. С. и Лившиц А. Г. — Измерение вакуума в паровых турбинах (Обмен эксл. опытом)	I 56
Левенсон И. С. — Эксплуатация подогревателей высокого давления	XI 28
Лилленталь Г. Г. — Износ главного масляного насоса турбины фирмы АЕГ (Обмен эксл. опытом)	XI 55
Малхасьян И. В. — Улучшение работы клапанов срыва вакуума на поворотнлопастных гидротурбинах (Обмен эксл. опытом)	VI 53
Мамет А. П. и Каганер Т. А. — Коррозия регенеративных подогревателей и конденсатного тракта	IV 10
Матко П. М. — Применение теплового насоса на гидроэлектростанциях	VI 21
Пупко В. С. — Устранение присосов сырой воды в конденсаторах турбин (Обмен эксл. опытом)	XII 52
Рейнман Н. Ю. — Ручной виброграф ВРР (Обмен эксл. опытом)	VIII 54
Рунов Б. Т. — Испытание турбин с ухудшенным вакуумом и построение номограммы режимов	VIII 17
Сессия по вопросам конструирования и эксплуатации конденсационных устройств (Хроника)	VIII 59
Стратонов М. Г. — Возможные случаи автоматизации работы паровых уплотнений турбин (Обмен эксл. опытом)	I 56
Терехин А. Е. — Новый тип парового редуктора (Обмен эксл. опытом)	VI 50
Трифонов Е. В. — Изготовление самоуплотняющейся сальниковой набивки (Обмен эксл. опытом)	X 56
Фукс Л. А. — Таблица для определения вакуума в зависимости от разности барометрического давления и давления в конденсаторе (Обмен эксл. опытом)	II 54
Циперкус Г. Т. — Ремонт облопачивания с осевой установкой лопаток на диске и сварными связями (Обмен эксл. опытом)	I 55
Шварцман М. Р. — Наладка работы предельного регулятора турбины (Обмен эксл. опытом)	VII 53
Шляхин П. Н. — Изменение давления пара в камере регулируемого отбора	I 6

Он же — Работа турбины без облопачивания второй ступени (Обмен эксл. опытом) II 52  
 Шубин Е. П. — О выборе рациональных режимов загрузки отборов теплофикационных турбин VII 14  
 Янченко В. Ф. — Ненормальности работы эжекторов и их наладка XI 11

### VIII. Теплофикация

Громов Н. К. — О себестоимости транспорта тепла в энергосистемах IX 11  
 Лопатин Б. В. — Определение толщины цилиндрической теплоизоляционной оболочки IV 19  
 Первое совещание по эксплуатации тепловых сетей (Хроника) VII 58  
 Филиппов М. Ф. — Сборные конструкции теплопроводов и новые способы их прокладки I 23  
 Удалов Е. А. — Термоизоляция теплопроводов автоклавным армобетоном I 29  
 Шифринсон Б. Л. и Сафонов А. П. — Выбор расчетных параметров паропреобразователей X 18  
 Янкелев Л. Ф. — Новые способы термической изоляции трубопроводов минеральной ватой II 24  
 Он же — Выполнение термоизоляции трубопроводов минеральной ватой в опалубке (Обмен стронт.-монтажн. опытом) X 47

### IX. Водоподготовка, работа химцехов

Аристов Е. М. — Установка для нейтрализации избыточной щелочности Na-катионированной воды (Обмен эксл. опытом) VII 51  
 Валуев И. Ф. — Приготовление раствора из мыльного препарата «Санит» для определения жесткости воды (Обмен эксл. опытом) IV 53  
 Гурвич С. М. и Крипец Э. С. — Дренажные устройства бесподстилочных фильтров для обработки воды I 17  
 Гурвич С. М., Кунина Е. И. и Чиркин М. И. — Работа противоточного катионитового фильтра без водяной подушки VII 18  
 Деев И. Т. — Из опыта нормирования котловой воды (Обмен эксл. опытом) VI 51  
 Домничева Е. Н. и Кондаков А. В. — Рациональная эксплуатация энергетических масел II 38  
 Зиновкин П. А. и Плешаков М. С. — Новая конструкция подогревателей при очистке трансформаторного масла (Обмен эксл. опытом) III 59  
 Комар В. П. — Регенерация отработавшего трансформаторного масла местной глиной «нальчик» (Обмен эксл. опытом) V 54  
 Кот А. А. — Унос кремниевой кислоты паром высокого давления XII 24  
 Мокрицкий Ф. Д. и Тарасов М. С. — О непрерывной регенерации масла в трансформаторах V 35  
 Нерубенко В. Ф. — Определение содержания шлама в котловой воде (Обмен эксл. опытом) I 55  
 О барботаже в деаэраторах питательной воды (Обсуждение) VIII 10  
 О нормах качества пара, котловой и питательной воды для котлов высокого давления (Хроника Техуправления Министерства) X 13  
 Ткаченко В. К., Чернова Л. А. и Шурышкина Г. К. — Обескремнивание воды каустическим магнетитом XII 26  
 Чернявский В. М. — Работа мембранных вентилях на H-катионитовых установках (Обмен эксл. опытом) XI 53

### X. Автоматика и контрольно-измерительные устройства

Бочкарев Д. М. — Источник питания мегомметра при снятии кривых абсорбции XII 56  
 Зарх С. Л. — Подключение 15 логометров к одному источнику сетевого питания (Обмен эксл. опытом) V 55  
 Карпинский В. Н. — Эксплуатация электростанций с автоматическим управлением тепловыми процессами III 18  
 Ковалев В. М. — Изготовление пера-капилляра к регистрирующим приборам (Обмен эксл. опытом) V 60

Крейнес А. Л. — Нужно ли к показаниям аппарата Орса вводить поправку на водяные пары? (Обмен эксл. опытом) IV 52  
 Кутман Б. Л. и Миронов Д. К. — Опыт автоматизации пылесистем XII 21  
 Леваков А. В. — Регулятор температуры к кислородомеру (Обмен эксл. опытом) V 51  
 Макарин С. Н. — Измерение расхода воды пневмометрической трубкой (Обмен эксл. опытом) V 51  
 Рущинский В. М. — Влияние гистерезиса двигателей питателей пыли на настройку регулятора топливо — воздух (Обмен эксл. опытом) II 55  
 Шохат С. А. — Выбор дроссельного органа расхода пара II 18

### XI. Генераторы, трансформаторы, электродвигатели

Азбукин Ю. И. — Выбор воздухоохлаждателей спирального типа V 24  
 Андрианов Д. М. — Сушка электрических машин (Обмен эксл. опытом) IV 55  
 Грушвицкая О. Н. — Применение прибора для контроля влажности обмоток трансформаторов (Обмен эксл. опытом) VI 53  
 Запорожец Б. И. и Мусатов Т. П. — Организация скоростного ремонта трансформаторов V 32  
 Звездин В. Н. и Израелит Г. Б. — Испытания изоляции крупных электрических машин XII 35  
 Ильенко В. В. — Гибкая соединительная муфта для возбуждителей генераторов (Обмен эксл. опытом) IV 57  
 Ирлахман Я. А. — О подогреве трансформаторов методом потерь в кожухе (Обмен эксл. опытом) VI 53  
 Калинин М. С. — Увлажнение изоляции генераторов II 28  
 Карамзин А. П. — Повреждения высоковольтной изоляции и мероприятия по их предотвращению II 30  
 Кодкин И. И. — Самосинхронизация генераторов средней и малой мощности VIII 41  
 Кондахчан В. С. — Повреждения силовых трансформаторов I 31  
 Кузнецов П. В. — Работа турбогенераторов с замыканием на землю в обмотке статора (Обмен эксл. опытом) XI 54  
 Кулаковский В. Б. — Применение прибора для контроля влажности изоляции трансформаторов III 40  
 Лукьянов Е. В. — Приспособление для выемки роторов крупных электрических машин (Обмен эксл. опытом) IV 55  
 Малахова А. М. и Элькинд Ю. М. — Схемы и устройства для самосинхронизации генераторов VIII 37  
 Малхасян И. В. — Попадание воды на обмотки генератора (Обмен эксл. опытом) XI 54  
 Мерейнес А. А. — Универсальная диаграмма для расчета электрического режима работы турбогенератора IX 32  
 Микутьин С. П. — Об испытаниях изоляции электрических машин XII 38  
 Милаков М. Е. — О газовой защите трансформаторов IV 30  
 Оганесян А. А. — Перевод на резервное возбуждение генератора 25 тыс. квт, потерявшего возбуждение, без отключения от сети (Обмен эксл. опытом). IV 53  
 О допустимых нагрузках трансформаторов напряжения МТЗ (Хроника Техуправления Министерства) V 61  
 Об определении необходимости сушки трансформаторов (Хроника Техуправления Министерства) XII 57  
 О повышении надежности работы электрических машин (Хроника Техуправления Министерства) I 61  
 XI 61

О профилактических испытаниях генераторов и синхронных компенсаторов при переводе турбоагрегатов на удлиненную кампанию между капитальными ремонтами (Хроника Техуправления Министерства)	V	61
О ремонте трансформаторов в машинных залах электростанций и подстанций (Хроника Техуправления Министерства)	VI	56
<b>Пироговский М. Л. и Сальский В. Л.</b> — Полуавтоматическая самосинхронизация мощных турбогенераторов	XI	29
<b>Пучковский В. В.</b> — Схемы контроля увлажнения изоляции по времени саморазряда	VI	56
<b>Он же</b> — Повреждения изоляции при трансформированных волнах (Обмен эксл. опытом)	X	59
<b>Рейнман Н. Ю.</b> — Неравномерная жесткость роторов двухполюсных генераторов (Обмен эксл. опытом)	II	54
<b>Ремез М. Я.</b> — Монтаж статора генератора, значительно превышающего по весу грузоподъемность мостового крана (Обмен. строит.-монтажн. опытом)	XI	43
<b>Рудник А. Г.</b> — Крепление выводов полюсов к ободу (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VI	45
	X	62
<b>Сазонтов А. И.</b> — Сушка электрических машин методом индукционных потерь (Обмен эксл. опытом)	X	58
<b>Силонов Н. И.</b> — Из опыта испытаний междувитковой изоляции электродвигателей (Обмен эксл. опытом)	VI	53
<b>Сташкявичус М. М.</b> — Пересоединение трансформатора 6,3/10 кв на автотрансформатор 5,5/6,3 кв (Обмен эксл. опытом)	XI	55
<b>Хазан С. И.</b> — Повреждение зубца вала и центрирующего кольца ротора турбогенератора (Обмен эксл. опытом)	X	57
<b>Червоникис Я. М.</b> (рефер.) — Ионные возбудители для турбогенераторов	XI	63
<b>Шибанов В. К.</b> — Устранение заземления цепи возбуждения генератора на ходу (Обмен эксл. опытом)	VIII	56
<b>Штукатер Б. Л.</b> — Реактивное сопротивление трехобмоточных трансформаторов	XI	38

## ХII. Распределительные устройства

<b>Гринберг А. И.</b> — Упрощение конструкции щитов управления (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VI	44
	VII	26
<b>Двоскин Л. И.</b> — Полный пакет плоских шин	VIII	64
<b>Дерюгин Ф. Ф.</b> — Подстанции с автоматическими закорачивающими разъединителями (Обмен эксл. опытом)	XII	53
<b>Зецеров Б. М.</b> — Улучшение схем подстанций, подключенных «цепочкой» (Обмен эксл. опытом)	II	57
<b>Климовских С. В.</b> — Передвижка пульта управления на действующей электростанции (Обмен эксл. опытом)	V	58
<b>Кондахчан В. С.</b> — Комплектные распределительные устройства завода «Электроцит» (Хроника)	VI	57
<b>Мусатов Т. П.</b> — Замечания по упрощению и удешевлению понизительных подстанций 35—110 кв (Обмен эксл. опытом)	VII	54
Об одиночной системе шин на электростанциях и подстанциях (Обсуждение статьи канд. техн. наук М. И. Славина, «Электрические станции», 1950, № 4)	I	36
О материале вставок в ошиновку открытых распределительных устройств (Хроника Техуправления Министерства)	VI	56
<b>Розенкноп М. П.</b> — Об эксплуатации блокировки разъединителей	II	44
<b>Фришман Г. А.</b> — Повышение надежности схем действующих подстанций 110—220 кв с большим числом присоединений	X	13
<b>Якуб Ю. А.</b> (рефер.) — Понизительные подстанции без выключателей на стороне высшего напряжения	I	63

## ХIII. Высоковольтная аппаратура

<b>Гуревич В. Н.</b> — Улучшение качества контактов воздушного выключателя 110 кв (Обмен эксл. опытом)	X	60*
<b>Горстка А. К. и Лысаковский Г. И.</b> — Эксплуатация вводов масляных выключателей	IX	36
<b>Звездин В. Н. и Калантаров А. В.</b> — Модернизация вводов масляных выключателей типа МКП-76 (Обмен эксл. опытом)	I	60*
<b>Иванов А. Г.</b> — Недостатки приводов ПС-30 и ПВС-150 (Обмен эксл. опытом)	IV	57
<b>Иванов В. З.</b> — Эффективный способ повышения внутрибаковой изоляции выключателей ВМ-35	III	44
<b>Иогансон Н. Е.</b> — Искусственный теплопровод выключателя ВМГ (Обмен эксл. опытом)	VII	56*
<b>Кедрин В. М.</b> — Повышение прочности установленных изоляторов типа ШТ (Обмен эксл. опытом)	III	60*
<b>Легов П. Р.</b> — О периодичности ремонтов масляных выключателей	XI	35
<b>М. Б.</b> — Специальные обратные клапаны на воздухопроводах к выключателям (Обмен эксл. опытом)	II	55
<b>Мусатов Т. П. и Юровский Г. Ш.</b> — Опыт изготовления заземляющих катушек (Обмен эксл. опытом)	II	56*
<b>Сапожников А. И.</b> — Эффективность профилактики высоковольтной изоляции	IV	24
<b>Смольников В. Л.</b> — Усиление вводов 220-кв выключателей типа МКП-274 (Обмен эксл. опытом)	I	59*
<b>Фридштанд Д. А.</b> — Проверка очередности работы контактов выключателей (Обмен эксл. опытом)	III	59*
<b>Чернышев В. И.</b> — Реконструкция пружинного привода типа FK-40 масляных выключателей (Обмен эксл. опытом)	X	60*

## ХIV. Воздушные и кабельные сети

<b>Баранов Б. М.</b> — Масса для холодной заливки кабельных муфт (Обмен эксл. опытом)	XI	59*
<b>Васильев А. А.</b> — Разрушение стенок кабельных каналов давлением грунта (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VI	44
<b>Гагнидзе К. Ф. и Тер-Газарян Г. Н.</b> — Работа линии электропередачи в несимметричном режиме (Обмен эксл. опытом)	XII	52*
<b>Гордиенко В. И.</b> — Нумерация опор и расцветка фаз линий электропередачи (Обмен эксл. опытом)	IV	59*
<b>Горенштейн М. Д.</b> — Об установке амперметров на линиях электропередачи	III	49
<b>Гройс Е. С.</b> — Эксплуатация подвесных стержневых изоляторов в Германии	IX	46*
<b>Давидян Д. Б.</b> — Установка опоры на линии электропередачи под напряжением (Обмен эксл. опытом)	V	54
<b>Жук В. М. и Сагалов Е. X.</b> — Механизация ремонтных работ на линиях электропередачи (Обмен эксл. опытом)	XI	56*
<b>Клебанов Л. Д.</b> — Определение потерь мощности в городской сети низкого напряжения	VIII	45*
<b>К «Правилам безопасности при эксплуатации воздушных линий высокого напряжения» (Хроника Техуправления Министерства)</b>	XI	61*
<b>Кузьмин П. П.</b> — Опыт применения дефектоскопа для отыскания дефектных изоляторов на линиях (Обмен эксл. опытом)	IV	58*
<b>Либерман А. Я. и Энгель Г. А.</b> — Сессия по эксплуатации воздушных линий электропередачи 6—220 кв (Хроника)	IV	62*
<b>Лысаковский Г. И. и Мусатов Т. П.</b> — Эксплуатация подвесных стержневых изоляторов отечественного производства	IX	45*
<b>Мусатов Т. П.</b> — О снижении потерь в электрических сетях	XII	39*
<b>Небрат Л. Е. и Ясников В. Н.</b> — Вопросы безопасности при пофазном ремонте высоковольтных воздушных линий электропередачи	II	41*
Об использовании ели для опор линий электропередачи (Хроника Техуправления Министерства)	II	58*

Об установке амперметров на линиях электропередачи (Отклики на статью М. Д. Геренштейна, «Электрические станции», 1951, № 3)	X	30	Он же — Простой способ защиты электродвигателей от работы на двух фазах (Обмен эксл. опытом)	VIII	57
О заделке контрольных кабелей с бумажной изоляцией в стальных воронках (Хроника Произв.-техн. управления по строит.)	IX	61	Зецеров Б. М. — Сигнализация приваривания контактов промежуточного реле включения соленоидных приводов (Обмен эксл. опытом)	XI	60
О защите проводов линий электропередачи от вибрации (Хроника Техуправления Министерства)	VI	56	Зубанов К. В. и Корниенко Е. Ф. — Эксплуатация электромагнитных корректоров напряжения	V	56
О сроках проверки изоляторов на подстанциях (Хроника Техуправления Министерства)	II	58	Зуль Н. М. — Устранение недостатка грузового привода типа АПВГ-2 (Обмен эксл. опытом)	VI	34
О сроках проверки соединителей на подстанциях (Хроника Техуправления Министерства)	II	58	Иносов В. Л., Крутикова В. Е. и Цукерник Л. В. — Компаундирование с электромагнитным корректором для мощных гидрогенераторов	V	57
Понедилко А. И. — Учет потерь в сетях по амперметрам	XII	43	Клаверов М. И. — Проверка защит вновь включаемых объектов рабочим током и напряжением (Обмен эксл. опытом)	VII	33
Сагалов Е. X. Сооружение и эксплуатация передвижных электроподстанций для торфопредприятий	X	38	Косолапов Б. А. — О неселективном действии сигнализации замыканий на землю в воздушных сетях (Обмен эксл. опытом)	IX	60
Силонов Н. И. — Из опыта пофазного ремонта линии электропередачи 110 кв (Обмен эксл. опытом)	II	56	Мильтром И. Г., Подковыров Г. В. и Файнштейн Э. Г. — Трехфазное автоматическое повторное включение линий с самосинхронизацией для гидростанций	X	61
Сыромятников И. А. — Режим работы сетей с малым током замыкания на землю	II	35	Обсуждение статьи инж. А. Б. Крикунчика «Устранение ложных действий защиты и отключений выключателей из-за замыканий на землю в цепях оперативного тока» («Эл. ст.», 1948, № 9 и 1949, № 9).	X	35
Терников П. В. — Транспортёр для перевозки и размотки кабелей (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VIII	51	О мерах по повышению надежности работы сетей оперативного тока электростанций и подстанций (Хроника Техуправления Министерства)	IV	27
Он же — Стальные кабельные муфты (Обмен эксл. опытом)	XII	55	О порядке включения устройств компаундирования и электромагнитных корректоров напряжения при пусках и остановках генераторов (Хроника Техуправления Министерства)	IV	60
Тимофеев Т. Г. (рефер.) — Опытная линия электропередачи 275 — 400 кв в Англии	VIII	62	О применении схем защиты с высоковольтными предохранителями и выключателями нагрузки (Хроника Техуправления Министерства)	XI	61
Шипов Н. М. — Потери электроэнергии в линейной арматуре (Обмен эксл. опытом)	IV	58	О применении схем защиты с высоковольтными предохранителями и выключателями нагрузки (Хроника Техуправления Министерства)	IV	60
Он же — Обрыв провода на линии 110 кв из-за вибрации (Обмен эксл. опытом)	V	54	Песочин М. И. — Автоматическое повторное включение шин	VI	31
Он же — Фиксатор вибрации проводов (Обмен эксл. опытом)	XI	58	Плющ Б. М. — Новые инерционные спиральные плавкие вставки для предохранителей	VII	41
Он же — Учет потерь в электрических сетях	XII	42	Рязанцев Е. А. — Некоторые итоги эксплуатации устройств телемеханики в энергетической системе	I	48
Штери В. X. — Производство стержневых изоляторов	IX	42	Скитальцев В. С. — Измерение индуктивности и активного сопротивления дросселей резонансным методом (Обмен эксл. опытом)	V	57

#### **XV. Релейная защита и электроавтоматика, вторичная коммутация, связь**

Барзам А. Б. — Возможность уменьшения степени выдержки времени релейной защиты	I	47	Смирнов В. А. — О неселективной работе сигнализации замыканий на землю в кабельных сетях (Обмен эксл. опытом)	X	61
Он же — Особенности автоматического повторного включения и автоматической разгрузки по частоте на подстанциях с синхронными компенсаторами	VII	36	Соловьев И. И., Беркович М. А. и Зархина X. Ю. — Показатели работы релейной защиты и автоматики в энергосистемах	VIII	33
Богина М. М., Соловьев И. И. и Царев М. И. — Устройства трехфазного автоматического повторного включения линий электропередачи	V	37	Суслов О. В. — Проверка фильтровой высококачественной защиты имитацией коротких замыканий (Обмен эксл. опытом)	XI	58
Васильев А. А. — Использование диаграмм векторов напряжения при эксплуатационных испытаниях (Обмен эксл. опытом)	IX	58	Сыромятников И. А. — Расширения области применения автоматического повторного включения	X	33
Габа Е. С. и Макогон В. С. — Внедрение устройств автоматической разгрузки по частоте (Обмен эксл. опытом)	VII	55	Убийко М. П. — Сооружение каналов телемеханики по линиям связи с помощью надтональной аппаратуры (Обмен эксл. опытом)	VI	55
Гельфанд Я. С., Попов И. Н. и Субботин Г. В. — Чувствительные токовые защиты от замыканий на землю и опыт их эксплуатации	XI	41	Файнштейн Э. Г. — Замечания по автоматическому самосинхронизатору АСС-1 (Обмен эксл. опытом)	IX	57
Гильчер О. А., Никитский В. З. и Шлейфман X. Д. — Реле для дифференциальной защиты трансформаторов с быстро насыщающимися трансформаторами и торможением	IV	39	Хазанская Г. М. — Лабораторный двигатель-генератор для регулирования частоты (Обмен эксл. опытом)	VIII	58
Глоба П. Г. — О способе проверки герметичности поплавков газовых реле	V	58	Юриков П. А. — Автоматическое повторное включение — основное средство борьбы с грозowymi авариями на линиях электропередачи с низким «защитным уровнем»	IV	37
Гребень И. И. и Нецаев Г. К. — Бесконтактный параметрический датчик частотно-импульсной системы телеизмерений	XI	44			
Гуринович М. М. — Схема автоматического ввода резерва с использованием проскальзывающего блокконтакта выключателя (Обмен эксл. опытом)	IX	57			
Гусев В. В. — Ферромагнитные измерители амплитуд токов короткого замыкания (Обмен эксл. опытом)	III	60			
Зейлидзон Е. Д. — Новые условия выбора чувствительности защиты от замыканий на землю генераторов	II	36			

#### **XVI. Перенапряжение**

Джуварлы Ч. М. — Основные результаты исследования перенапряжений от заземляющих дуг	V	43			
Кудрявцев С. И. и Михайлов А. А. — Разборный молниеотвод для передвижных электроподстанций (Обмен эксл. опытом)	X	61			

Об испытательном напряжении конденсаторов штанг (Хроника Техуправления Министерства)	VI	56	О порядке приемки в эксплуатацию гидроэлектрических станций (Хроника Произв.-техн. управления по строит.)	VIII	59
О пробивных напряжениях вентильных разрядников (Хроника Техуправления Министерства)	VI	60	О распределении обязанностей при производстве переключений в устройствах городских (кабельных) сетей (Хроника Техуправления Министерства)	I	61
<b>Пучковский В. В.</b> — Саморазряд в изоляционных материалах и конструкциях	III	36	О рассмотрении «Правил устройства электротехнических установок» (Хроника)	VII	60
<b>Шишман Д. В.</b> — Влияние схемы испытания на величины токов проводимости вилитовых разрядников	IV	32	О хранении и консервации оборудования на базах и предприятиях МЭС (Хроника Произв.-техн. управления по строит.)	VIII	59
<b>Юриков П. А.</b> — Повреждения изоляции линий 220 кв при грозových перекрытиях	VI	64	<b>Петров Г. А. и Забабурин И. А.</b> — Увеличение активной зоны прудов-охладителей с помощью струераспределительных решеток	IX	20
	IX	38	<b>Ромм Э. И.</b> — Некролог (Хроника)	XI	62

### XVII. Разное

<b>Аболин Ю. А. и Ремез М. Я.</b> — Сращивание резиновых транспортерных лент	X	51	<b>Рысс А. Г.</b> — Уплотнение битумными обмазками стыков, находящихся под вакуумом (Обмен экспл. опытом)	VII	50
<b>А. З.</b> — Партийно-технические конференции по вопросам внедрения новой техники на электростанциях (Хроника)	VII	59	<b>Савиновский Д. А. и Ухин Б. Н.</b> — Использование дымовых газов котельной для сатурации питьевой воды (Обмен экспл. опытом)	X	56
<b>Андреанов Д. М.</b> — Продавливание отверстий в панелях щитов (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VIII	50	<b>Стронгин П. Я.</b> — Применение газотронного выпрямителя для зарядки аккумуляторных батарей (Обмен экспл. опытом)	II	57
Антикоррозийный материал «винипласт» (Хроника)	VIII	61	<b>Фаерман А. Л. и Ясевич В. С.</b> — Всесоюзное совещание по рассмотрению «Правил устройства электротехнических установок» (Хроника)	III	62
<b>Бендерский И. И.</b> — Приготовление очистителя ацетилена (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XII	47	<b>Фукс Г. И.</b> — Об использовании тепла охлаждения гидрогенераторов	VI	23
25 лет эксплуатации гас Боз-Су (Хроника)	VII	58	<b>Щербинин Б. В.</b> — Обрушение башни градирни (Обмен строит.-монтажн. опытом)	X	49
<b>Жуков Ф. Н.</b> (рефер.) — План электрификации Румынской народной республики	V	62			
<b>Имбрицкий М. И.</b> — Электронскровой способ упрочнения режущего инструмента (Обмен экспл. опытом)	I	58			
<b>Иогансон Н. Е.</b> — Установка щелочных аккумуляторов на двухрядных стеллажах (Обмен экспл. опытом)	VI	54			
<b>Кириллин В. А. и Румянцев Л. И.</b> — Экспериментальное определение удельных объемов воды и водяного пара в критической области	XI	6			
<b>Коклик В. С.</b> — Упрощенная машина для испытания на разрыв сварных образцов (Обмен строит.-монтажн. опытом)	XII	45			
<b>Косолапов И. И.</b> — Анодно-механическая резка	X	25			
<b>Львов А. С.</b> — Станки для правки и рубки электродной проволоки (Обмен строит.-монтажн. опытом)	VII	46			
<b>Медников Е. П. и Соловьев И. И.</b> — О повреждении фундаментных болтов механизмов	X	21			
<b>Микульчик С. П.</b> — Некролог (Хроника)	II	60			
О внесении изменений в «Сборник директивных материалов Технического отдела МЭС (Хроника Техуправления Министерства)	II	58			
О заполнении бланка переключений (Хроника Техуправления Министерства)	III	64			
О неснижаемом запасе масла (Хроника Техуправления Министерства)	IX	61			
О приеме в аспирантуру ВТИ (Хроника)	V	61			
О порядке приемки в эксплуатацию подстанций 35—220 кв (Хроника Произв.-техн. управления по строит.)	VII	60			
	VIII	59			

### XVIII. Критика и библиография

<b>Зайдель В. А.</b> — Рецензия на книгу В. П. Банник и М. А. Случаев «Монтаж паровых турбин»	VIII	63
<b>Иванов В. И.</b> — Рецензия на книгу И. И. Соловьева «Автоматизация энергетических систем»	IV	64
<b>Лавров Д. П.</b> — Рецензия на книгу А. И. Кузнецова «Техника безопасности в электрических установках»	X	64
Новые книги по энергетике	V	63
	VI	64
О тематике журнала «Электрические станции» на 1951 г.	I	64
<b>Симонов М. К.</b> — Рецензия на книгу В. В. Гульденбалька, М. М. Каetanoвич, Д. В. Рабинович, И. И. Рапутов и М. Н. Шмелева «Сооружение линий электропередачи»	III	63
Содержание журнала «Электрические станции» за 1951 г.	XII	58
<b>Степанов В. Н.</b> — Рецензия на книгу А. Я. Рябкова «Электрический расчет электрических сетей»	VI	64
<b>Хацинский В. П.</b> — Рецензия на книгу Е. В. Китаева и Н. Ф. Гревцева «Курс общей электротехники»	VII	64
<b>Он же</b> — Рецензия на книгу Б. Н. Ржонсницкого «Федор Аполлонович Пироцкий»	XI	64

□ □ □

ОТК  
5

---

---

## Вниманию авторов

При подготовке статей для журнала «Электрические станции» авторам необходимо выполнять следующие требования:

1. Объем статей не должен превышать 10—15 страниц текста, *напечатанного на машинке на одной стороне листа через два интервала (обязательно первый экземпляр)*. В виде исключения статьи могут быть представлены четко написанными от руки на одной стороне листа.

2. Формулы и иностранный текст должны быть написаны разборчиво. В формулах обязательно выделять прописные и строчные буквы, индексы писать ниже строки, показатели степени — выше строки; на полях рукописи делать отметки, каким алфавитом в формулах обозначены буквы, и давать другие пояснения к формулам.

3. Статьи иллюстрировать фотографиями и чертежами, однако число их должно быть минимально необходимым. Чертежи выполнять тушью или карандашом, надписи и обозначения писать четко. Снимки направлять четкие и контрастные размером не менее  $9 \times 12$  см, в двух экземплярах.

В тексте статьи обязательно делать ссылки на рисунки, причем обозначения в тексте должны строго соответствовать обозначениям на рисунках.

Каждый чертеж или фотография должны иметь порядковый номер, соответствующий его номеру в тексте, и подпись.

Чертежи и фото в тексте не вклеивать, а прилагать их отдельно, составив на них опись.

4. В табличном материале точно обозначать единицы измерения. Наименования давать полностью, не сокращая слов. Не давать слишком громоздких таблиц.

5. Иностранные единицы измерения обязательно переводить в принятые у нас в Союзе меры длины, веса и др.

6. **Официальный материал должен быть заверен соответствующими организациями. Статьи работников научно-исследовательских организаций, предприятий и учреждений должны иметь визу руководства.**

7. В конце рукописи указывать полностью имя, отчество и фамилию автора, домашний адрес, занимаемую должность, год рождения, номер и место выдачи паспорта.

8. Материал для журнала направлять по адресу: Москва, Ветошный пер., здание ГУМ, III корпус, 1 этаж, помещ. 164, редакции журнала «Электрические станции».



*Удп.*

# ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

## ОТКРЫТА ПОДПИСКА

НА 1952 г.

### НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЖУРНАЛЫ:

#### „Электрические станции“

Орган МЭС СССР

Год издания 23-й 12 номеров в год

Подписная цена: на год 96 руб., на 6 мес. 48 руб.

Журнал рассчитан на инженерно-технических работников проектных и строительных организаций, электростанций и сетей Министерства электростанций, а также на энергетиков предприятий других министерств.

Годовым подписчикам на журнал будет выслан в качестве приложения Справочник энергетика на 1952 г.

#### „ЭЛЕКТРИЧЕСТВО“

Орган Академии наук СССР, МЭС и МЭП СССР

Основан в 1880 г. 12 номеров в год

Подписная цена: на год 96 р., на 6 мес. 48 р., на 3 мес. 24 р.

Журнал рассчитан на инженеров и научных работников, ведущих работу в различных областях электротехники.

Годовым подписчикам на журнал будет выслан в качестве приложения специальный календарь-справочник на 1952 г.

#### „Гидротехническое строительство“

Производственно-технический и экономический журнал МЭС СССР

Год издания 21-й 12 номеров в год

Подписная цена: на год 48 руб.

Журнал рассчитан на инженерно-технический персонал, работающий на гидротехнических строительных, в проектно-исследовательских организациях, научно-исследовательских институтах, и на студентов вузов.

#### „Торфяная промышленность“

Орган МЭС СССР

Год издания 29-й 12 номеров в год

Подписная цена: на год 48 руб.  
на 6 мес. 24 руб.

Журнал рассчитан на инженерно-технических работников торфяной промышленности.

#### „Промышленная энергетика“

Орган Госинспекции по промэнергетике и энергонадзору при МЭС СССР

Год издания 9-й 12 номеров в год

Подписная цена: на год 48 р., на 6 мес. 24 р., на 3 мес. 12 р.

Журнал предназначен для инженеров и техников, работающих в отделах главного энергетика, главного механика, в производственных цехах предприятий и заводских лабораторий.

Годовым подписчикам на журнал будет выслан в качестве приложения Справочник энергетика на 1952 г.

#### ИЗВЕСТИЯ ВСЕСОЮЗНОГО ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. ДЗЕРЖИНСКОГО

Год издания 21-й 12 номеров в год

Подписная цена на год 48 руб.

Журнал рассчитан на научных инженерно-технических работников исследовательских, проектных и эксплуатационных организаций, занимающихся вопросами теплотехники и теплоэнергетики.

#### „Рабочий энергетик“

Массовый производственно-технический журнал МЭС СССР

Год издания 2-й 12 номеров в год

Подписная цена: на год 24 руб., на 6 мес. 12 руб.

Журнал рассчитан на широкие круги рабочих-энергетиков: котельщиков, машинистов, механиков, электромонтеров, мастеров и техников, работающих на электростанциях, электрических и тепловых сетях, в промышленных предприятиях, строительстве и монтаже энергетических установок.

#### „За экономию топлива“

Орган инспекции Госснаба СССР

Год издания 9-й 12 номеров в год

Подписная цена: на год 96 руб., на 6 мес. 48 руб.

Журнал рассчитан на руководящих и инженерно-технических работников, занятых топливоснабжением, эксплуатацией и наладкой теплосилового хозяйства всех отраслей промышленности.

Годовым подписчикам на журнал будет выслан в качестве приложения Справочник энергетика на 1952 г.

**ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ:** городскими и районными отделениями Союзпечати, во всех конторах, отделениях и агентствах связи и общественными уполномоченными по подписке на предприятиях, в организациях и учреждениях.