

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТАНЦИИ

3



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

1953



**ОТ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОМИТЕТА
КОММУНИСТИЧЕСКОЙ ПАРТИИ СОВЕТСКОГО СОЮЗА,
СОВЕТА МИНИСТРОВ СОЮЗА ССР
И ПРЕЗИДИУМА ВЕРХОВНОГО СОВЕТА СССР**

**Ко всем членам партии,
ко всем трудящимся Советского Союза**

Дорогие товарищи и друзья!

Центральный Комитет Коммунистической партии Советского Союза, Совет Министров СССР и Президиум Верховного Совета СССР с чувством великой скорби извещают партию и всех трудящихся Советского Союза, что 5 марта в 9 час. 50 минут вечера после тяжелой болезни скончался Председатель Совета Министров Союза ССР и Секретарь Центрального Комитета Коммунистической партии Советского Союза Иосиф Виссарионович СТАЛИН.

Перестало биться сердце соратника и гениального продолжателя дела Ленина, мудрого вождя и учителя Коммунистической партии и советского народа — Иосифа Виссарионовича СТАЛИНА.

Имя СТАЛИНА — бесконечно дорого для нашей партии, для советского народа, для трудящихся всего мира. Вместе с Лениным товарищ СТАЛИН создал могучую партию коммунистов, воспитал и закалил ее; вместе с Лениным товарищ СТАЛИН был вдохновителем и вождем Великой Октябрьской социалистической революции, основателем первого в мире социалистического государства. Продолжая бессмертное дело Ленина, товарищ СТАЛИН привел советский народ к всемирно-исторической победе социализма в нашей стране. Товарищ СТАЛИН привел нашу страну к победе над фашизмом во второй мировой войне, что коренным

образом изменило всю международную обстановку. Товарищ СТАЛИН вооружил партию и весь народ великой и ясной программой строительства коммунизма в СССР.

Смерть товарища СТАЛИНА, отдавшего всю свою жизнь беззаветному служению великому делу коммунизма, является тяжчайшей утратой для партии, трудящихся Советской страны и всего мира.

Весть о кончине товарища СТАЛИНА глубокой болью отзовется в сердцах рабочих, колхозников, интеллигентов и всех трудящихся нашей Родины, в сердцах воинов нашей доблестной Армии и Военно-Морского Флота, в сердцах миллионов трудящихся во всех странах мира.

В эти скорбные дни все народы нашей страны еще теснее сплываются в великой братской семье под испытанным руководством Коммунистической партии, созданной и воспитанной Лениным и Сталиным.

Советский народ питает безраздельное доверие и проникнут горячей любовью к своей родной Коммунистической партии, так как он знает, что высшим законом всей деятельности партии является служение интересам народа.

Рабочие, колхозники, советские интеллигенты, все трудящиеся нашей страны неуклонно следуют политике, выработанной нашей партией, отвечающей жизненным интересам трудящихся, направленной

на дальнейшее усиление могущества нашей социалистической Родины. Правильность этой политики Коммунистической партии проверена десятилетиями борьбы, она привела трудящихся Советской страны к историческим победам социализма. Вдохновляемые этой политикой народы Советского Союза под руководством партии уверенно идут вперед к новым успехам коммунистического строительства в нашей стране.

Трудящиеся нашей страны знают, что дальнейшее улучшение материального благосостояния всех слоев населения — рабочих, колхозников, интеллигентов, максимальное удовлетворение постоянно растущих материальных и культурных потребностей всего общества всегда являлось и является предметом особой заботы Коммунистической партии и Советского Правительства.

Советский народ знает, что обороноспособность и могущество Советского государства растут и крепнут, что партия всемерно укрепляет Советскую Армию, Военно-Морской Флот и органы разведки с тем, чтобы постоянно повышать нашу готовность к сокрушительному отпору любому агрессору.

Внешней политикой Коммунистической партии и Правительства Советского Союза являлась и является незыблемая политика сохранения и упрочения мира, борьбы против подготовки и развязывания новой войны, политика международного сотрудничества и развития деловых связей со всеми странами.

Народы Советского Союза, верные знамени пролетарского интернационализма, укрепляют и развивают братскую дружбу с великим китайским народом, с трудящимися всех стран народной демократии, дружественные связи с трудящимися капиталистических и колониальных стран, борющимися за дело мира, демократии и социализма.

Дорогие товарищи и друзья!

Великой направляющей, руководящей силой советского народа в борьбе за построение коммунизма является наша Коммунистическая партия. Стальное единство и монолитная сплоченность рядов партии — главное условие ее силы и могущества. Наша задача — как зеницу ока хранить единство партии, воспитывать коммунистов как активных политических бойцов за проведение в жизнь политики и решений партии, еще более укреплять связи партии со всеми трудящимися, с рабочими, колхозниками, интеллигенцией, ибо в этой неразрывной связи с народом — сила и непобедимость нашей партии.

Партия видит одну из своих важнейших задач в том, чтобы воспитывать коммунистов и всех трудящихся в духе высокой политической бдительности, в духе непримиримости и твердости в борьбе с внутренними и внешними врагами.

Центральный Комитет Коммунистической партии Советского Союза, Совет Министров Союза ССР и Президиум Верховного Совета СССР, обращаясь в эти скорбные дни к партии и народу, выражают твердую уверенность в том, что партия и все трудящиеся нашей Родины еще теснее сплотятся вокруг Центрального Комитета и Советского Правительства, мобилизуют все свои силы и творческую энергию на великое дело построения коммунизма в нашей стране.

Бессмертное имя СТАЛИНА всегда будет жить в сердцах советского народа и всего прогрессивного человечества.

Да здравствует великое, всепобеждающее учение Маркса — Энгельса — Ленина — Сталина!

Да здравствует наша могучая социалистическая Родина!

Да здравствует наш героический советский народ!

Да здравствует великая Коммунистическая партия Советского Союза!

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ
КОММУНИСТИЧЕСКОЙ ПАРТИИ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА

СОВЕТ
МИНИСТРОВ
СОЮЗА ССР

ПРЕЗИДИУМ
ВЕРХОВНОГО СОВЕТА
СОЮЗА ССР

5 марта 1953 года

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

3

МАРТ
1953

Орган Министерства Электростанций
и Электропромышленности СССР

24-й ГОД ИЗДАНИЯ

СОДЕРЖАНИЕ

От Центрального Комитета Коммунистической партии Советского Союза, Совета Министров Союза ССР и Президиума Верховного Совета СССР	3
В. Д. Кригмонт, П. Р. Сизин и А. И. Сухов — Улучшение сжигания антрацитового штыба	7
М. Б. Каплан — Типизация устройств отбора проб пара и воды	13
Ю. Ф. Куваев и Ю. Л. Маршак — Гарнитура в топках, работающих с давлением выше атмосферного	16
С. М. Гурвич — Улучшение работы механических фильтров на электростанциях	18
А. М. Корниенко — Настройка регулирования с частотным клапаном паровых турбин	22
М. П. Чувилкин — Выбор сетевых насосов для крупных теплофикационных установок	25
В. Я. Берлин — Компоновка открытого распределительного устройства 110 кВ горной гидроэлектростанции	28
Н. А. Козырев — О выборе величин испытательных напряжений изоляции электрических машин	31
Г. Б. Израелит и А. В. Калантаров — Профилактические испытания изоляции электрических машин повышенным напряжением	34
Э. Г. Файнштейн — Профилактические испытания изоляции статорных обмоток генераторов	36
Я. С. Колин — Применение выпрямленного напряжения при испытаниях изоляции генераторов	38
А. Ф. Яковлев — Усовершенствование автоматического управления агрегатами гидроэлектростанции	41
В. Н. Звездкин и Р. Г. Надельсон — Влияние свойств масла на характеристики изоляции трансформаторов	45
В. Е. Манойлов и Н. М. Палладиева — Рентгеновское излучение высоковольтных кенотронных установок и меры защиты от него	47

ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

А. М. Меджибер — Энергопоезда на стройке коммуна	49
В. П. Рубайло — Прогрев перекрытий паром без устройства паровой рубашки	49
Н. Я. Турчин — Воздуходувки для сушки зданий при производстве отделочных работ	49

С. С. Бартошевич — Комплексный подъем котла	50
В. С. Коклик — Комбинированная трубная вышка	51
Л. Ф. Янкелев — Формованные изделия из минеральной ваги на диатомо-известковом вяжущем	52
Д. С. Подымский — Фасонная вальцовка	53
Л. И. Бобович — О строительстве глубоких вводов 35 кВ в городских электросетях	53

ОБМЕН ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОПЫТОМ

П. М. Брайловский — Выбор шипов для шипового экрана котла	55
В. А. Нахалов — Дистанционный указатель уровня угольной пыли в бункере	55
Г. Х. Астапович и А. Т. Меренков — Из опыта эксплуатации котлов энергопоездов М-2,5	56
М. Я. Кригер — Наладка мазутной топки котлов энергопоезда	57
В. И. Чернышев — Статические разряды в силовом трансформаторе из-за отсутствия заземления магнитопровода	59
Л. В. Росман — Об определении увлажненности изоляции обмоток трансформаторов	59
Н. А. Корж — Вибрация панелей главного щита управления	61
Л. Х. Герцман — Измерение частоты при наладке телеизмерительной аппаратуры системы Оргрес — „Электропульт“	61

ХРОНИКА

В Техническом управлении Министерства	
О количестве изоляторов в подвесной гирлянде 154 кВ	62
В Производственно-техническом управлении по строительству и монтажу	
О технических условиях на производство подводных бетонных работ	62
Научно-техническая сессия по ионному обмену — М. М. Сенявин	62

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Т. П. Мусатов — Рецензия на книгу Е. Я. Гуревича „Эксплуатация синхронных компенсаторов“	64
--	----



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

Улучшение сжигания антрацитового штыба

Инж. В. Д. Кригмонт, инж. П. Р. Сизин и инж. А. И. Сухов

Антрацитовый штыб в пылеугольных топках паровых котлов большого числа электростанций сжигается недостаточно экономично. Потеря тепла с механическим недожогом составляет 7—9% и более. Некоторое повышение экономичности сжигания пыли АШ и устойчивости процесса горения на электростанциях в последнее время достигнуто за счет замены шамотных зажигательных поясов шиповыми экранами с покрытием хромитовой массой.

Ниже излагается опыт повышения экономичности сжигания пыли АШ одной из электростанций Юга, показывающий возможность дальнейшего существенного повышения экономичности сжигания АШ без капитальных затрат.

Характеристика оборудования и топлива

Трехбарабанные котлоагрегаты паропроизводительностью 120/150 т/час с параметрами пара 32 атм и 420°С в период восстановления (1944—1947 гг.) были реконструированы по проекту ВТИ (рис. 1).

Каждый котел снабжен двумя биконическими мельницами. Схема пылеприготовления — индивидуальная, без промбункера. Пылесистемы смежных котельных агрегатов соединены перемычками, что дает возможность при избытках паровой мощности в котельной останавливать мельницы в резерв или ремонт, работая тремя мельницами на два котла.

Аэросмесь подается мельничными вентиляторами к четырем двухулиточным турбулентным горелкам (рис. 2), установленным на фронтальной стене топочной камеры. Стены топочной камеры, объем которой равен 760 м³, полностью экранированы.

Боковые стены топочной камеры, задняя стена и скаты холодной воронки экранированы трубами диамет-

ром 102×4 мм; шаг труб на боковых стенах равен 189 мм, а на задней стене и скатах воронки — 178 мм. Фронтный экран и экран подвесного свода выполнены из труб диаметром 83×3,5 мм, первый с шагом 356 мм, второй — 185 мм.

Теплотворная способность антрацитового штыба — 6 000 ± 600 ккал/кг, зольность — 16—18% и влажность — 6—8%. Выход летучих на горючую массу составляет 3—4%.

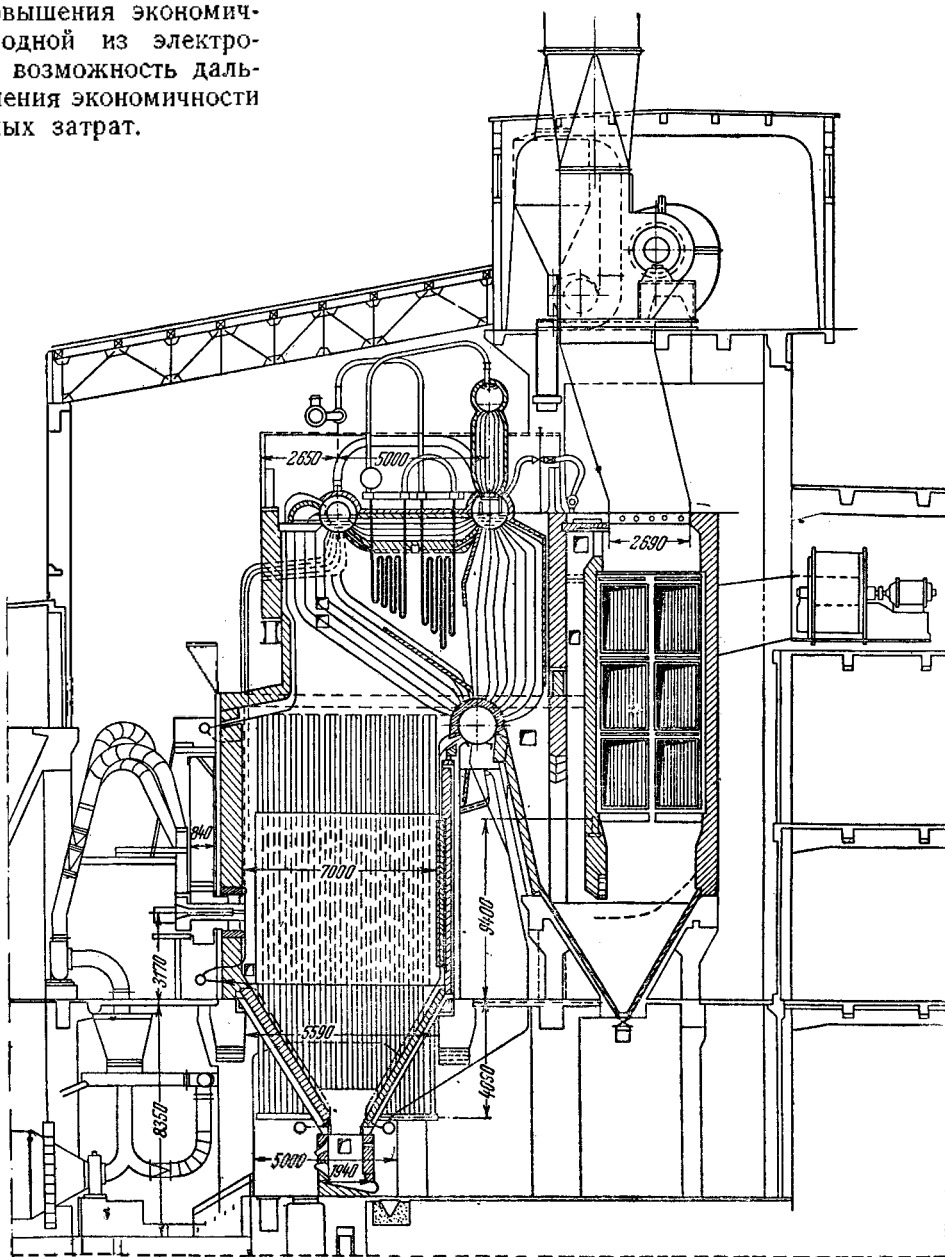


Рис. 1. Котельный агрегат, реконструированный по проекту ВТИ.

ных поясов в топке до 1952 г. показано на рис. 4. Уменьшение высоты зажигательных поясов с 6 ÷ 8 до 4 м не дало ощутимого в эксплуатации снижения экономичности процесса сжигания.

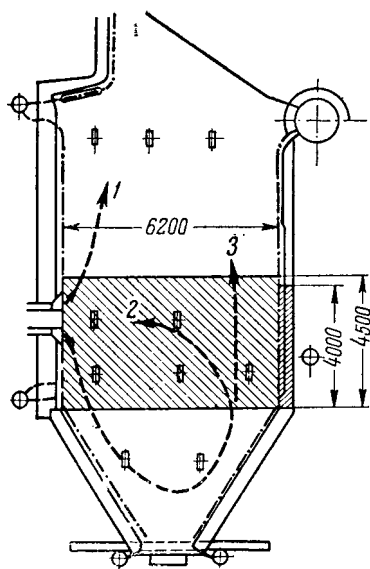


Рис. 4. Расположение зажигательных поясов в топках, существовавшее на электростанции до 1952 г. и схема движения потока газов в топке с фронтальным расположением турбулентных горелок. Пунктирные кривые 1, 2, 3 показывают направление потоков газов.

Потеря тепла с механическим недожогом на этих агрегатах составляла 7%, возрастая по мере выгорания зажигательных поясов.

Полное закрытие экранов холодной воронки

Значительное повышение экономичности топок при установке зажигательных поясов в холодных воронках или при зашлаковке воронок может быть объяснено следующим образом.

Известно, что экономичность работы топок зависит от температуры потока газов 2 (рис. 4), эжектируемого аэросмесью, выходящей из горелок. Именно поэтому принято зажигательные пояса устанавливать в районе горелок. Однако, как показано схематично на рис. 4, температура потока 2 зависит:

а) от того, насколько полно будет протекать процесс горения пыли, движущейся по траектории 3 (чем полнее будет протекать процесс горения и чем раньше он завершится, тем выше будет температура потока);

б) от степени охлаждения потоков газов, движущихся по траектории 3 (чем меньше будет отдача тепла газам, движущимся по траектории 3, тем выше будет температура потока газов 2, поступающего в корень факела).

Степень охлаждения потока газов и скорость реакции горения зависят от изоляции охлаждающих поверхностей холодной воронки. Таким образом, для повышения температуры газов, поступающих к горелке, целесообразно максимально уменьшить отдачу тепла газам, движущимся по траектории 3, что может быть достигнуто закрытием экранов холодной воронки.

Появление наростов на скатах при установке зажигательных поясов в холодной воронке высотой 2 ÷ 2,5 м имело место вследствие стекания расплавленного шлака с зажигательных поясов на расположенные ниже оголенные поверхности экранов. С целью предотвращения образования

таких шлаковых наростов и для достижения максимально возможных температур в нижней части топочной камеры, по предложению авторов статьи, в 1952 г. были установлены зажигательные пояса в холодной воронке одного из котлоагрегатов (рис. 5).

Зажигательные пояса на задней и боковых стенах топки почти полностью выгорели, так как работали без восстановления более 3 тыс. час. Уже через несколько часов после растопки агрегата в верхней части шлакового комода появились тестообразные подтеки расплавленного шлака (рис. 6). Факел был исключительно яркий,

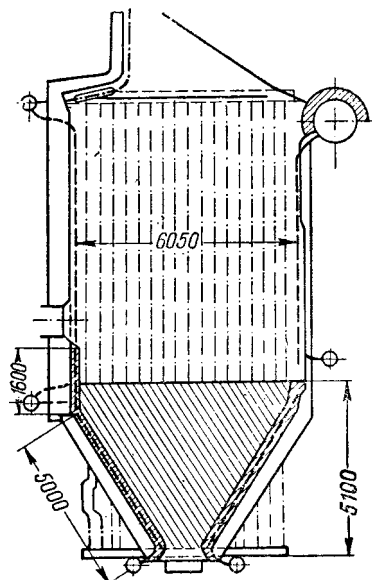


Рис. 5. Рациональное расположение зажигательных поясов в топках котлов, применяемое с 1952 г.

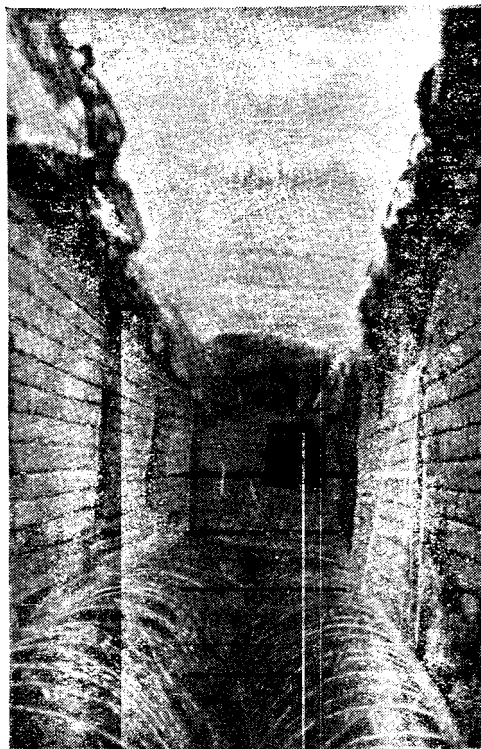


Рис. 6. Нижняя часть топочной камеры через 8 час. после растопки агрегата.

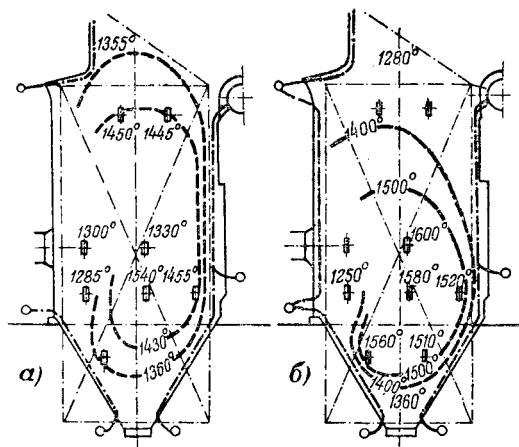


Рис. 7. Изотермы топок при различных конфигурациях зажигательных поясов.

а — по испытаниям ВТИ (размеры зажигательных поясов приведены на рис. 3); б — по испытаниям эксплуатационного отдела электростанции (размеры приведены на рис. 5).

сепарация пыли полностью отсутствовала. Механический недожог снизился с 7 до 4 %.

На другом агрегате с целью проверки целесообразности отказа от установки зажигательных поясов на боковых и задней стенах топки выше холодной воронки при установке зажигательных поясов, как показано на рис. 5, были полностью освобождены от шамота задние и боковые экраны. Котлоагрегат работает совершенно устойчиво и экономично (механический недожог составляет 4 ÷ 5 %).

Представляет интерес сравнение изотерм топок, полученных при испытаниях бригадой ВТИ (с установкой зажигательных поясов увеличенных размеров) и при испытаниях, проведенных эксплуатационным отделом электростанции при полном закрытии экранов холодной воронки. Как видно из изотерм (рис. 7), полное закрытие экранов холодной воронки и отказ от установки зажигательных поясов на вертикальных экранах топочной камеры привели к повышению температур в нижней части топочной камеры при снижении температуры газов перед конвективным пучком.

Повышение температуры газов в нижней части топочной камеры до 1 550 ÷ 1 600° С препятствует образованию шлаковых наростов, шлак стекает в шлаковый комод. Таким образом, топка по существу работает по упрощенной схеме жидкого шлакоудаления.

Работа топок в режиме жидкого и полужидкого шлакоудаления

Наличие в нижней части топочной камеры высоких температур и полное закрытие экранов воронки (которая в этом случае превращается из «холодной» в «горячую») превращают обычную топку с сухим шлакоудалением в топку с удалением шлака в жидком и полужидком состоянии. Роль летки выполняет верхнее сечение шлакового комода размером 7 × 1 м. Ввиду того, что температура газов у нижнего устья воронки составляет 1 200 ÷ 1 400° С, шлак, стекающий по скатам воронки, не успевает охладиться и накопиться в виде шлаковых наростов.

При работе агрегатов с нагрузкой в 90 ÷ 100 % от номинальной шлак стекает в шлаковый



Рис. 8. Нижняя часть топки со стекающим в шлаковый комод шлаком (паропроизводительность агрегата равна 0,8 D_n).

комод тонкими струйками или в виде ленты толщиной 2 ÷ 3 мм.

При нагрузке агрегатов в 115 ÷ 120 т/час, т. е. 75 ÷ 80 % от номинальной, шлак сползает в шлаковый комод в виде вязкой тестообразной массы (рис. 8). Форма шлаков приведена на рис. 9.

При более низких нагрузках агрегатов топки работают в режиме сухого шлакоудаления, так как застывающая пленка шлака на зажигательных поясах экранов воронки образует твердую гладкую поверхность, по которой ссыпаются в комод частицы осаждающегося в топке шлака. Шлак, стекающий в комод, гранулируется водой, поступающей из специально смонтированного орошающего устройства.

Трубы с отверстиями диаметром 3 мм, служащие для орошения шлака, расположены вдоль фронтальной и задней стен шлакового комода, который, как показано на рис. 10, выполнен без седловины со смывом шлака через четыре шандора, расположенных в один ряд на задней стене.

При всех режимах работы агрегатов значительных накоплений шлака в воронке не наблюдалось. Появление незначительных шлаковых наростов в нижнем устье воронки («козырьков») не нарушает нормальной эксплуатации агрегатов, так как при повышении нагрузки происходит быстрое оплавление этих наростов.

Шлак, гранулируемый орошающими брызгами, представляет собой пористую массу, легко разрушающуюся при смывах комодов и полностью поступающую в каналы гидрозолоудаления. Вследствие пористости шлака объемный вес его составляет 1,2 ÷ 1,25, что обеспечивает надежный транспорт его по шлаковым каналам.

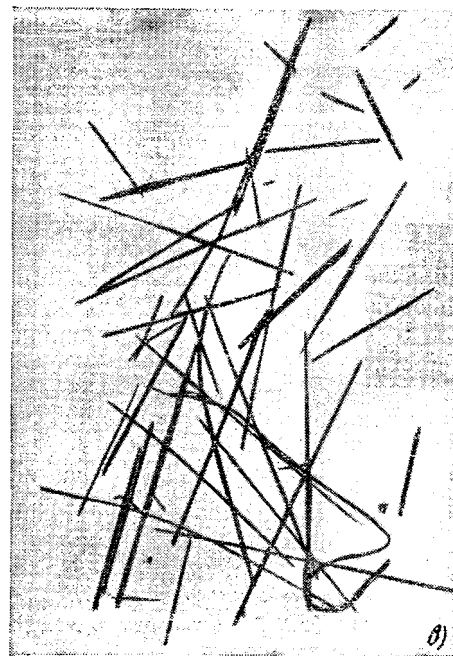


Рис. 9. Различные формы шлака.
а — лентообразная; б — пузырчатая; в — игольчатая.

Шлак, накапливавшийся ранее (до утепления воронок), представлял собой исключительно прочную монолитную массу с удельным весом $2,5 \div 2,6$, вследствие чего удаление его из котельной производилось железнодорожными платформами.

Новый режим работы топок полностью ликвидировал имевшиеся ранее места шлакования кипяточного пучка. В настоящее время на первых рядах труб кипяточного пучка наблюдаются незначительные отложения рыхлого шлака, в то время как ранее на трубах скапливалось большое количество вязкого шлака, что приводило к значительным затруднениям при ручной расшлаковке труб.

Изменение характера и интенсивности шлакования конвективного пучка произошло в основном за счет снижения температур газов на выходе из топки.

Экономичность работы топок с утепленной воронкой

Установка зажигательных поясов на экранах холодной воронки, т. е. полное утепление нижней части топочной камеры взамен установки поясов на вертикальных экранах, обеспечило значительное повышение экономичности котлоагрегатов за счет снижения потери тепла с механическим недожогом при одновременном снижении температуры газов на выходе из топки и работе топки на пыли более грубого размола.

Максимальная паропроизводительность котлоагрегатов до изменения расположения зажигательных поясов ограничивалась усилением шлакования труб конвективного пучка и холодной воронки; минимальная — неустойчивостью процесса горения, что вызывало частые обрывы факела. В настоящее время процесс горения протекает исключительно устойчиво даже при низких нагрузках и высоких значениях коэффициента избытка воздуха в топке ($\alpha_T = 1,30 \div 1,35$).

Средние эксплуатационные данные о работе агрегатов с установкой зажигательных поясов по рис. 4 и агрегатов с утепленной воронкой по рис. 5 приведены ниже.

	На вертикальных экранах топки (рис. 4)	На экранах воронки (рис. 5)
Паропроизводительность, $m^3/ч$		
Максимальная	140	150
Минимальная	110	80
Содержание горючих в уносе, %	28,6	21,6
Потери тепла с механическим недожогом q_4 , %	7,6	5,0
Температура газов за установкой, $^{\circ}C$	202	193
Коэффициент избытка воздуха в топке	1,19	1,18
Тонкость размол R_{88} , %	7,2	9,1
Коэффициент полезного действия брутто (по обратному балансу), %	80,8	83,7

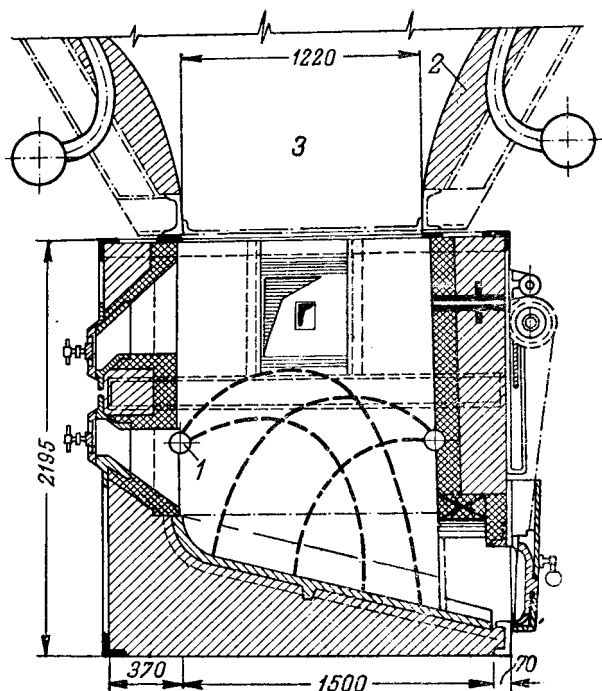


Рис. 10. Шлаковый комод с орошающим устройством.

1 — трубы для орошения шлака с отверстием диаметром 3 мм;
2 — зажигательный пояс воронки; 3 — зажигательный пояс боковых стен воронки.

После проверки надежности и экономичности работы топок с утепленными воронками без установки зажигательных поясов на вертикальных экранах топочной камеры было принято решение во время остановок агрегатов производить очистку от шлака экранных труб, расположенных выше осей горелок.

1. Полное закрытие экранов холодной воронки повышает надежность топок, работающих на пыли антрацитового штыба, так как предотвращает возможность шлакования конвективного пучка и нижней части топочной камеры. Устойчивость процесса горения при этом значительно возрастает, что позволяет увеличить диапазон изменения нагрузок котельных агрегатов, повышая этим эффективность работы автоматики процесса горения.

2. Изменение расположения зажигательных поясов в топках приводит к осуществлению упрощенной схемы жидкого шлакоудаления, повышает экономичность котельных агрегатов за счет снижения потери тепла с механическим недожогом и температуры уходящих газов на $2 \div 2,5\%$. При этом снижается также расход электроэнергии на производственные нужды за счет углубления помола до $9 \div 11\%$.

3. Установка зажигательных поясов на экранах холодной воронки взамен закрытия вертикальных экранов дает значительное сокращение объема обмуровочных работ в топках котлов; отпадает необходимость в установке громоздких лесов, и срок службы поясов на наклонных экранах воронки возрастает в 2 раза, так как износ пояса происходит только за счет выплавления огнеупора, а механические разрушения при установке кирпича на наклонном экране не наблюдаются. В то же время эта работа не требует существенных затрат (кроме переделки в случае необходимости шлаковых комодов по типу, показанному на рис. 10).

Радикальным решением вопроса об удлинении срока службы поясов следует считать установку в воронке шпировых экранов, которые ранее устанавливались на вертикальных стенах топки.

ОТ РЕДАКЦИИ

Описываемый в статье В. Д. Кригмонта, П. Р. Сизина и А. И. Сухова опыт представляет большой практический интерес, так как путем простых переделок топок авторам удалось повысить устойчивость и экономичность горения антрацитового штыба и бесшлаковочную мощность котлов, а также значительно снизить минимальную нагрузку топок.

Вместе с тем для широкого распространения этого опыта необходимо предварительно проверить в условиях длительной эксплуатации:

а) стойкость оштукатуренной футеровки наклонных стен воронок (сделанная на электростанции футеровка их обычным шамотным кирпичом, как правильно отмечают сами авторы, не рациональна);

б) надежность длительной работы без затягивания летки при сниженных нагрузках, характерных полужидким состоянием шлаков;

в) надежность механизированного удаления из комода крупных глыб сползающего в него полужидкого шлака, для грануляции которого одно орошение его струями воды может оказаться недостаточным;

г) возможность заметного углубления помола АШ при одновременном повышении экономичности сжигания; увеличение R_{88} с 7,2 до 9,1% еще незначительно для утверждения о существенной экономии расхода электроэнергии на собственные нужды.



Типизация устройств отбора проб пара и воды

Инж. М. Б. Каплан

Конструкторское бюро Главпроэнергомонтажа разработало и выпустило типовые схемы контроля качества пара и воды в котлах высокого давления. Одновременно разработаны типовые рабочие чертежи отборных устройств и необходимого вспомогательного оборудования.

Необходимость в этой работе была вызвана, с одной стороны большим значением для надежной эксплуатации котлов высокого давления правильной организацией контроля за чистотой пара на всем пути производства его от питательной магистрали до магистрали перегретого пара, а с другой, — тем обстоятельством, что накопившийся уже к настоящему времени опыт конструирования

и эксплуатации всех относящихся к данному контролю устройств еще не обобщен и не превращен в конкретные типовые решения и конструкции. Большое разнообразие в схемах и конструкциях, применяемых в настоящее время котлостроительными заводами и проектно-конструкторскими организациями, не вызывается необходимостью и только затрудняет проектирование и эксплуатацию.

Типовая схема для котлов с двухступенчатым испарением (рис. 1) предусматривает отборы проб для периодического химического контроля в следующих точках: питательной воды — из питательной магистрали; котловой воды — из каждой ли-

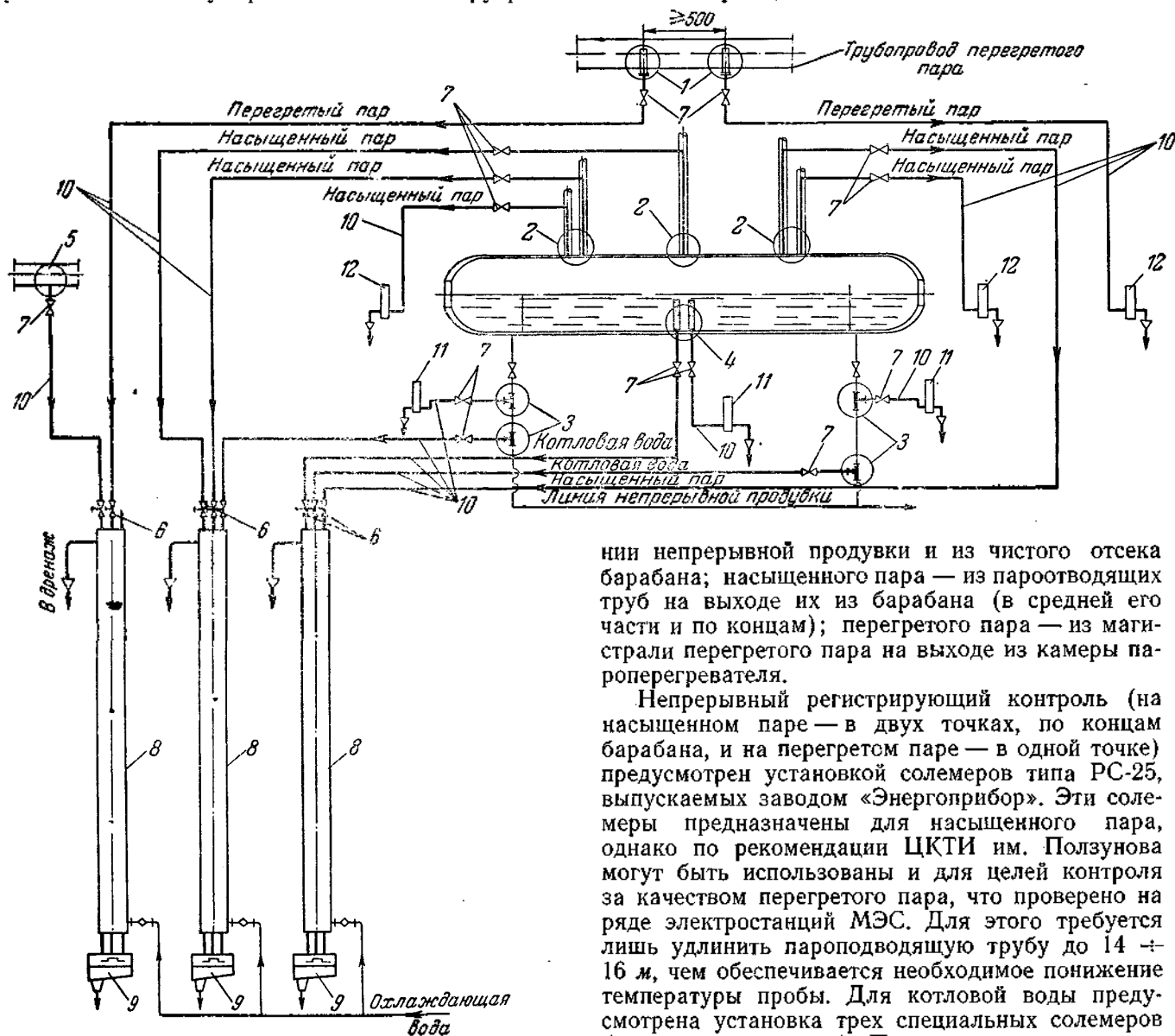


Рис. 1. Типовая схема отбора проб для котлов с двухступенчатым испарением.

1 — устройство отбора перегретого пара; 2 — устройство для отбора насыщенного пара; 3 — тройник для отбора котловой воды из линии непрерывной продувки; 4 — устройство для отбора котловой воды; 5 — патрубок для отбора питательной воды; 6 — дросселирующий вентиль; 7 — запорный проходной вентиль $D_y = 10$; 8 — трехточечный вертикальный холодильник (с краном); 9 — водный щиток; 10 — труба $15 \times 2,5$ мм; 11 — солемер котловой воды; 12 — солемер РС-25.

нии непрерывной продувки и из чистого отсека барабана; насыщенного пара — из паропроводящих труб на выходе их из барабана (в средней его части и по концам); перегретого пара — из магистрали перегретого пара на выходе из камеры пароперегревателя.

Непрерывный регистрирующий контроль (на насыщенном паре — в двух точках, по концам барабана, и на перегретом паре — в одной точке) предусмотрен установкой солемеров типа РС-25, выпускаемых заводом «Энергоприбор». Эти солемеры предназначены для насыщенного пара, однако по рекомендации ЦКТИ им. Ползунова могут быть использованы и для целей контроля за качеством перегретого пара, что проверено на ряде электростанций МЭС. Для этого требуется лишь удлинить паропроводящую трубу до 14 — 16 м, чем обеспечивается необходимое понижение температуры пробы. Для котловой воды предусмотрена установка трех специальных солемеров (для каждого отсека). Производство таких солемеров осваивается заводом «Энергоприбор».

Отборные устройства для солемеров выполнены независимыми от отборов для периодического контроля. Это, хотя и увеличивает количество отборных устройств, но зато повышает надежность схемы и гарантирует от искажения проб.

Отборы проб осуществляются: питательной воды — патрубком, свариваемым в питательную магистраль; котловой воды из линии непрерывной продувки — тройником; котловой воды из барабана — сквозным патрубком, имеющим на внутреннем конце фильтр (рис. 2); насыщенного пара — трубкой-зондом и перегретого пара — щелевой трубкой ЦКТИ (рис. 3).

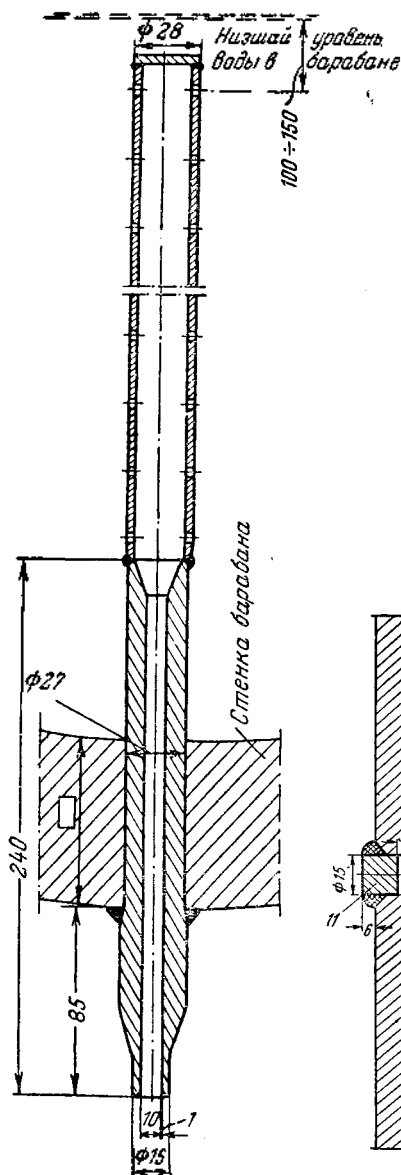


Рис. 2. Сквозной патрубок для отбора проб котловой воды из барабана.

Размеры деталей щелевой трубки для паропроводов типовых диаметров приведены в таблице.

Паропровод			Щелевая парозаборная трубка		Длина втулки, мм	Длина пробки, мм	Габаритный размер полости трубки, мм
Проходы условные, мм	Наружный диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, мм	Длина, мм	Количество отверстий			
150	194	19	190	17	126	14	307
175	219	21	210	20	123	16	~320
200	245	23	235	22	130	18	~333
225	273	26	255	25	133	21	~347

Для насыщенного пара известно большое количество конструкций отборных устройств: щелевые трубки, щелевые трубки со смесителями, трубки-зонды, располагаемые в разных местах в барабане. При типизации было отдано предпочтение зонду, установленному в паропроводящей трубе так, чтобы его приемный срез лежал в одной плоскости с входным отверстием трубы (тип завода им. Орджоникидзе). В этом месте влага, содержащаяся в паре, еще не успеет осесть на стенки трубы, и взятая проба будет представительной. Размеры наконечника зонда должны выбираться из условия соблюдения равенства скоростей пара в паропроводящей трубе и зонде при нормальной нагрузке котла.

Конструкция ввода зонда в паропроводящую трубу разработана двух типов: I тип — для труб диаметром до 57 мм (рис. 4) и II тип — для труб диаметром более 57 мм.

Дроссельные устройства, устанавливаемые на линиях отбора проб, часто недостаточно надежны (например, обычные дроссельные вентили или шайбы) либо конструктивно сложны и громоздки, что особенно нежелательно при их изготовлении на монтажных площадках (дросселирующие устройства завода им. Орджоникидзе, дроссельные проставки Оргрес).

Поэтому для дросселирования проб был выбран дроссельный вентиль лабиринтового типа,

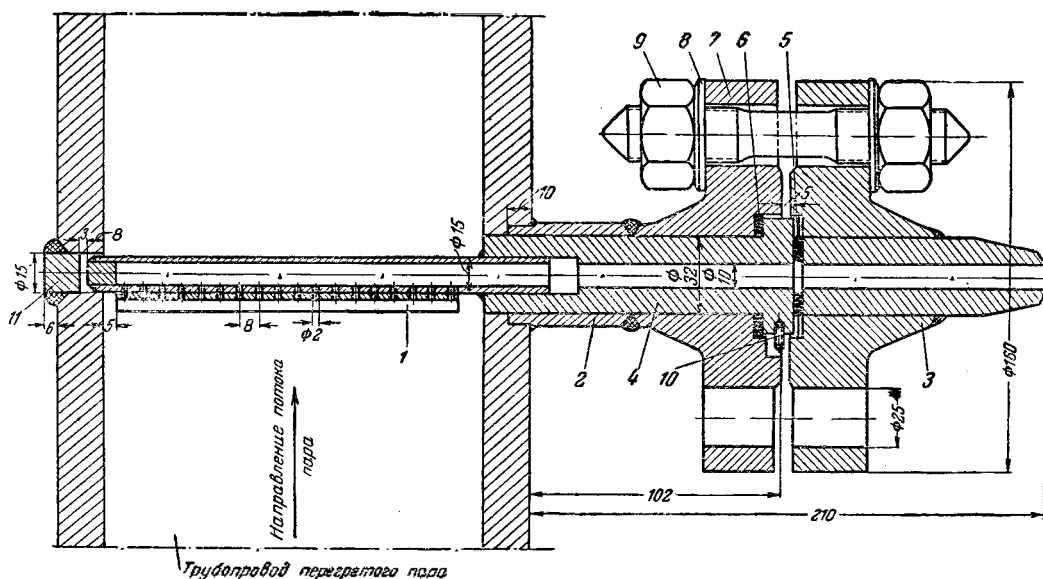
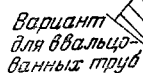


Рис. 3. Устройство ЦКТИ для отбора проб перегретого пара.

1 — щелевая парозаборная трубка; 2 — фланец с патрубком; 3 — фланец с переходной втулкой; 4 — втулка диаметром 32 мм; 5 — прокладка $D_y = 10$ мм; 6 — прокладка $D_y = 32$ мм; 7 — шпилька; 8 — шайба; 9 — гайка; 10 — установочный винт; 11 — пробка диаметром 15 мм.

предложенный ВТИ (рис. 5). Сравнительная простота конструкции позволяет изготавливать этот вентиль в условиях любой монтажной площадки. Дросселирование в вентиле осуществляется пропуском пара (или воды) ¹ в узкие кольцевые щели между корпусом вентиле и кольцами на шпинделе. Первоначально в работе находятся два-три кольца (шпиндель вывернут полностью); по мере срабатывания колец и увеличения зазора в работу вводятся новые кольца. Конус шпинделя и

¹ Надежность работы дроссельных вентилях лабиринтового типа на линиях отбора из непрерывной продувки требует эксплуатационной проверки. Ред.



Technical drawing of a pipe assembly with a bellows. The drawing shows a longitudinal section of a pipe (1) with a bellows (2) attached. The bellows has a length of 211. The pipe has an outer diameter of 15 and an inner diameter of 70. The bellows has a diameter of 38 and a thickness of 12. The assembly is shown in a cross-section view (5) and a longitudinal section view (6). The drawing is labeled "Вариант для ввальцованных труб" (Variant for rolled pipes).

Вариант
для ввальцован-
ных труб

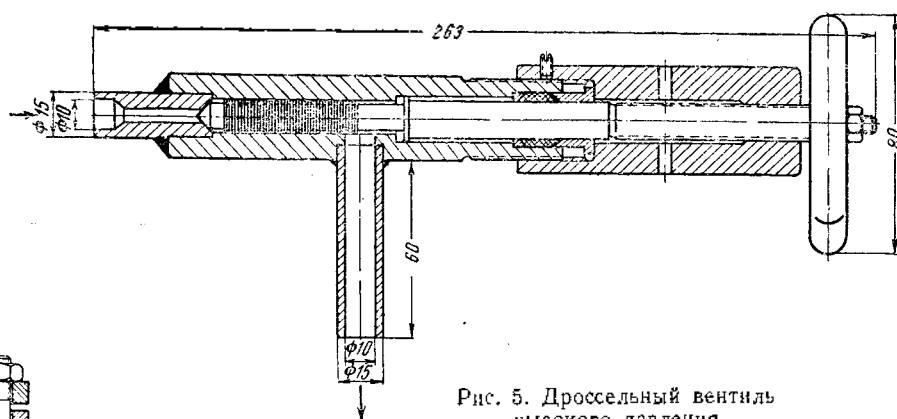


Рис. 5. Дроссельный вентиль
высокого давления.

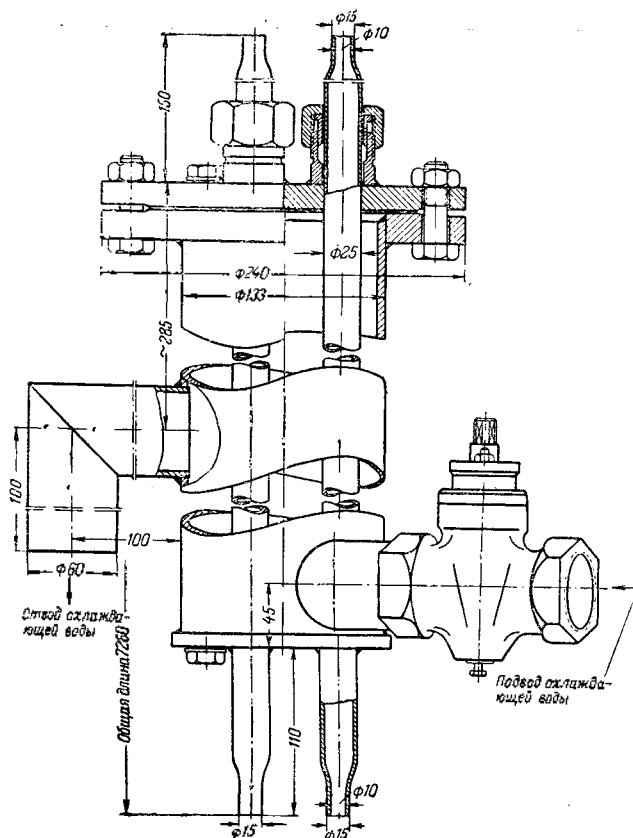


Рис. 6. Трехточечный вертикальный холодильник.

Для охлаждения проб предусмотрены вертикальный (прямотрубный) трехточечный (рис. 6) и обычный змеевиковый холодильники. Прямотрубные холодильники сложнее komponуются, так как подвешиваются на стенках котла (или колоннах), но зато конструктивно проще: змеевиковые холодильники более сложны в изготовлении, более громоздки, требуют для своей установки специальной стойки и, кроме того, увеличивают расход труб до 10 м на каждую линию отбора. Однако, учитывая возможность вынужденного применения змеевиковых холодильников в случае затруднений в компоновке прямотрубных холодильников, их конструкция была также типизирована.

Для каждого типа холодильников разработаны водные щитки — трехточечный, подвесной для прямотрубных холодильников и четырехточечный,

совмещенный со стойкой, для змеевиковых холодильников.

Для всех коммуникаций и устройств отбора проб для сохранения чистоты проб применена нержавеющая сталь марки 1X18H9T; размер труб $15 \times 2,5$ мм.

На линиях питательной и котловой воды, где применение нержавеющей стали не обязательно, было все же решено поставить такую из соображений унификации.

При типизации в максимально возможной степени применены детали и элементы по междудомственным нормам (МВН).

Произведенные разработки помимо унификации деталей дают упрощение конструкций и снижение затрат металла. Последнее по отдельным устройствам достигнуто в большой степени, так, например:

1) вес отборного устройства перегретого пара снижен на 5,2 кг (27%) против веса соответствующего устройства завода им. Орджоникидзе;

2) стойки для змеевиковых холодильников и стойки для водного щитка на 30% легче стоек того же завода (экономия 50 кг на котел);

3) применение прямотрубных холодильников еще более снижает расход металла на стойки, доводя их вес до 17 кг вместо 172 кг, а расход металла на холодильники уменьшается на 150 кг на котел, в том числе нержавеющей стали, 70 кг;

4) применение дроссельных клапанов также дает большую экономию в металле против других применяемых устройств — вес дроссельного лабиринтового клапана составляет всего 2 кг вместо 7,5 ÷ 8 кг клапана Венюковского арматурного завода и дроссельного устройства завода им. Орджоникидзе и 3,5 кг — веса дроссельной проставки Оргрэн.

Все типизированные устройства разработаны с расчетом возможности их применения в котлах любого типа без каких-либо изменений.

На основании типовой схемы котлов с двухступенчатым испарением разработаны типовые схемы для котлов с выносными циклонами и для прямоточных котлов.

Для котлов с выносными циклонами и трехступенчатым испарением в типовую схему добавляется отбор насыщенного пара из циклонов — по одному из каждой группы; отборы проб котловой воды производятся непосредственно из каждого отсека барабана; отборы из линий непрерывной продувки, осуществляемой в данной схеме из циклонов, остаются такими же, как на схеме рис. 1.

Для прямоточных котлов схема существенно упрощается — в ней сохраняется только отбор питательной воды и отбор перегретого пара.



Гарнитура в топках, работающих с давлением выше атмосферного

Инж. Ю. Ф. Куваев и канд. техн. наук Ю. Л. Маршак

В топках с максимальным шлакоулавливанием приходится работать с давлением газов в предтопках выше атмосферного. Так, например, в циклонной топке ВТИ давление газов достигает 30 мм вод. ст. В этом случае необходимо пользоваться гарнитурой с воздушной блокировкой (рис. 1). Воздушную блокировку можно осуществлять двояко: либо в виде воздушной завесы, либо по принципу эжекции.

Наиболее просто и экономично получается блокировка в виде завесы. Расчет такой завесы может быть приближенно выполнен с использованием метода расчета плоской воздушной завесы, разработанным И. А. Шепелевым¹. Если обозначить через $Q_{газ}$ количество газов, проходящее через лючок при бездействии завесы, и Q_a — количество воздуха, подаваемое для создания завесы, то величину $z = \frac{Q_{газ}}{Q_a}$ характеризующую ко-

личество газа, задержанное 1 м³ воздуха, можно выразить следующей формулой:

$$z = \varphi \sqrt{\frac{d}{2b}} - 1, \quad (1)$$

где d — диаметр сечения окна;

b — высота воздушного сопла.

С другой стороны,

$$z = \frac{Q_{газ}}{Q_a} \approx \frac{F_a \sqrt{2g \frac{h_a}{\gamma_a}}}{F_z \sqrt{2g \frac{h_z}{\gamma_z}}} = \frac{d}{4b} \sqrt{\frac{h_a \gamma_z}{h_z \gamma_a}}, \quad (2)$$

где h_z и h_a — перепад давлений между газом в топке и атмосферой и между воздухом и топкой соответственно, мм вод. ст.;

γ_z и γ_a — удельный вес газа и воздуха.

Подставляя выражение (2) в (1), получаем уравнение для определения $\frac{d}{b}$:

$$0,25 \sqrt{\frac{h_a \gamma_z}{h_z \gamma_a}} \cdot \frac{d}{b} - 0,708 \varphi \sqrt{\frac{d}{b}} - 1 = 0. \quad (3)$$

¹ Г. Н. Абрамович, Турбулентные свободные струи жидкостей и газов, Госэнергоиздат, 1948.

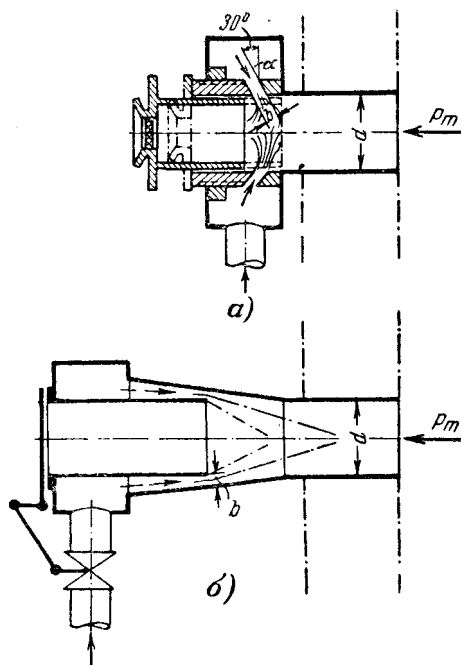


Рис. 1. Гляделка с воздушной блокировкой.
а — в виде воздушной завесы; б — по принципу эжекции.

на 2, патрубок для подвода воздуха 3 и две неподвижные втулки 4 и 5, одна из которых (4) снабжена нарезкой. В нее ввертывается подвижная втулка 6, закрепляемая контргайкой 7; во втулку 6 при закрытом положении гляделки свободно вставлена пробка 8 со стеклянным глазком 9 и крышкой с рукоятками 10, прижимаемой с помощью находящихся на рукоятках клиньев 11 к втулке 6 и тем самым плотно запирающей лючок.

При повороте крышки 10 на 90° она освобождается от заклинивания кронштейнами 2, что дает возможность вынуть пробку из лючка.

Для обдувки и охлаждения стекла глазка в пробке делается одно или несколько отверстий 13 диаметром $3 \div 4$ мм. Холодный воздух, взятый из воздухопровода перед воздухоподогревателем, подается по общей трубе диаметром 76 мм для ряда гляделок и лючков. При удалении пробки 8 воздух поступает в гляделку или лючок через кольцевую щель 12, причем создается воздушная завеса, препятствующая выбиванию га-

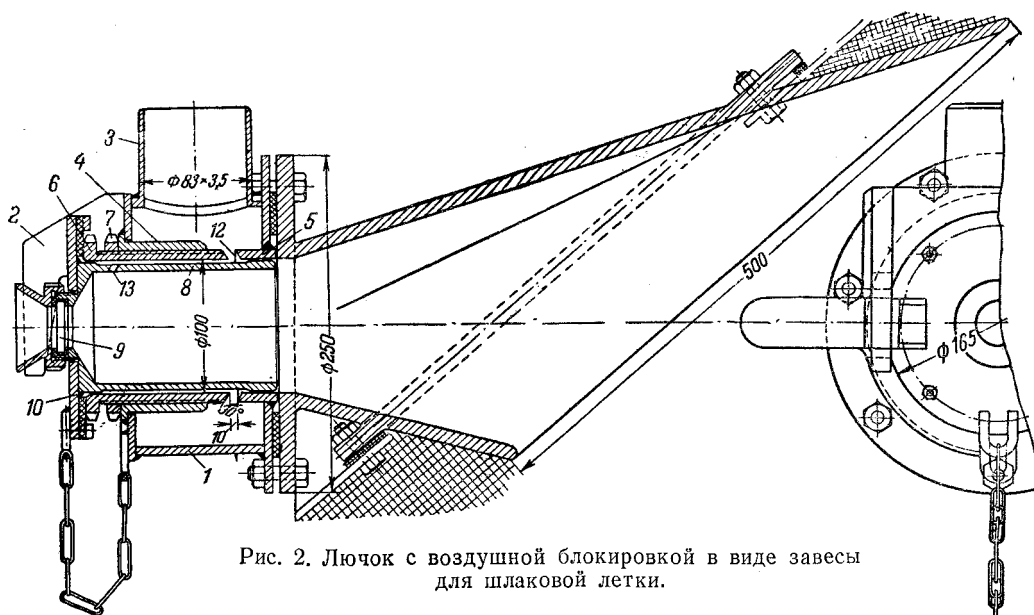


Рис. 2. Лючок с воздушной блокировкой в виде завесы для шлаковой летки.

Значение коэффициента φ для кольцевой воздушной завесы при $\alpha = 30 \div 40^\circ$ можно ориентировочно принять равным 0,4.

На рис. 2 показана разработанная ВТИ конструкция лючка для шлаковой летки, примененная в циклонной топке ВТИ с максимальным шлакоулавливанием под котлом 200 т/час.

Этот лючок состоит из цилиндрического корпуса 1, имеющего два клинообразных кронштей-

зов. Передвигая втулку 6, можно регулировать ширину воздушной щели.

В эксплуатации описанная конструкция лючков оказалась вполне надежной. При давлении воздуха перед лючком 200 мм вод. ст. и ширине щели 10 мм газы из летки не выбивались при давлении газов внизу предтопка до 20 мм вод. ст.

Опытные данные подтверждают результаты расчета.

□ □ □

ВОЛОГОДСКАЯ
ОБЛАСТНАЯ
БИБЛИОТЕКА

Улучшение работы механических фильтров на электростанциях

Инж. С. М. Гурвич

Для механических фильтров водоподготовительных установок электростанций до настоящего времени остается в силе давно установленная норма скорости фильтрования $5-7 \text{ м/час}$, что часто делает эти аппараты узким местом водоподготовительных установок и создает затруднения при необходимости их расширения, а для вновь проектируемых установок вызывает повышенные капитальные затраты.

Особенно это относится к механическим фильтрам прямоточных схем, осветляющим воды поверхностных водоисточников. Как показывает опыт эксплуатации таких фильтров в периоды весеннего паводка или осенних дождей, получение на них доброкачественной воды представляется возможным только при условии значительного снижения скорости фильтрования (примерно до $2,0-2,5 \text{ м/час}$). Поэтому прямоточные схемы водообработки, рассчитываемые на работу механических фильтров при скорости фильтрования 5 м/час , часто не в состоянии обеспечить нормальную работу установки в периоды сезонного увеличения взвешенных веществ в исходной воде.

Вследствие этого прямоточные схемы в значительной мере теряют свою конкурентоспособность с открытыми схемами водоподготовки.

Приходится с сожалением констатировать, что основные научно-исследовательские организации, призванные заниматься вопросами водоподготовки на электростанциях и в промышленности (ВТИ, ВОДГЕО), не уделяли достаточного внимания изучению и интенсификации процессов осветления воды. Лишь за последние годы благодаря работам Д. М. Минца в Академии коммунального хозяйства наметился некоторый сдвиг в этом вопросе.

Д. М. Минц и С. А. Шуберт¹ предложили оригинальную организацию работы механических фильтров по двухпоточной схеме путем одновременной подачи исходной воды сверху и снизу фильтра и отвода осветленной воды через дренажное устройство, размещенное в толще загрузки и разделяющее ее на две неравные по высоте части: большую — внизу и малую — вверху. При этом верхняя часть загрузки, содержащая в результате гидравлической сортировки материала при промывках наиболее мелкие фракции, работает преимущественно верхним, 100-мм слоем, т. е. в данном случае, видимо, имеет место так называемая

плочная фильтрация. В нижней части загрузки поступающая вода встречается сначала с наиболее крупными фракциями, а затем с постепенно уменьшающимися зернами материала. Вследствие этого взвешенные вещества без образования пленки глубже проникают в толщу фильтрующего материала, который, таким образом, работает всем своим объемом. На основе проведенных Академией коммунального хозяйства работ по изучению такой двухпоточной схемы фильтрования воды были сконструированы и пущены в эксплуатацию открытые механические фильтры на нескольких водопроводных станциях.

Следует, однако, отметить, что предел повышения эффективности работы механических фильтров открытого типа в значительной степени ограничивается располагаемым напором поступающей воды, который в этих условиях определяется габаритами фильтра и обычно составляет $5-6 \text{ м вод. ст.}$, вследствие чего и скорости фильтрования в таких фильтрах не превышают $12-15 \text{ м/час}^*$. По этим же соображениям еще более перспективным является применение двухпоточной схемы фильтрования для механических фильтров напорного типа, получивших преимущественное распространение на электростанциях и в промышленности.

Проверка работы двухпоточного напорного механического фильтра была организована и проведена в 1951 г. МО ЦКТИ совместно с химическим цехом тэц ЗИС, где с этой целью был смонтирован опытный фильтр диаметром 800 мм и высотой 3000 мм. Его схематическое изображение дано на рис. 1. В фильтр был загружен песок со средним размером зерен 0,62 мм и коэффициентом неоднородности 2,27. В качестве исходной воды служила вода из отстойников водоподготовительной установки тэц, где она подвергалась предварительной обработке известью и сернокислым железом. Содержание взвешенных веществ в отстоенной воде колебалось в пределах $10-20 \text{ мг/л}$.

Средняя скорость фильтрования по двухпоточной схеме составляла 20 м/час и в отдельных опытах достигала 36 м/час без ухудшения качества осветленной воды. При этом относительная пропускная способность фильтра при конечном перепаде давления до 5 м вод. ст. и работе по двухпоточной схеме в 3 раза превышала произ-

¹ Д. М. Минц и С. А. Шуберт, Фильтры АКХ и расчет промывки скорых фильтров, издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1951.

* Эта величина для двухпоточной схемы фильтрования получается путем суммирования скоростей верхнего и нижнего потоков воды.

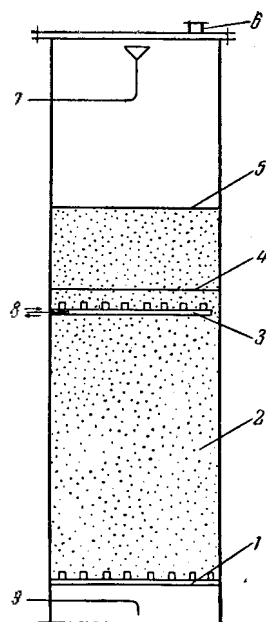


Рис. 1. Схема опытного двухпоточного напорного механического фильтра.

1 — ложное дно со щелевыми колпачками; 2 — кварцевый песок; 3 — трубчатый дренаж со щелевыми колпачками; 4 — уровень гесса при однопоточном фильтровании сверху вниз; 5 — уровень гесса при двухпоточном фильтровании; 6 — штуцер для отбора проб песка; 7 — подвод осветляемой воды и отвод промывной воды; 8 — отвод осветленной воды при двухпоточном фильтровании и подвод промывной воды; 9 — подвод осветляемой воды при двухпоточном фильтровании, отвод осветленной воды при однопоточном фильтровании и подвод промывной воды.

водительность того же фильтра при работе его по обычной схеме.

На рис. 2 показано распределение задержанных фильтром взвешенных веществ. Как видно из графика, верхний слой песка работает с образованием грязевой пленки, а нижний — всей толщей песка, так как загрязнение распределено равномерно по всей высоте загрузки. График выражает основную, характерную особенность работы двухпоточного фильтра.

Промывка опытного фильтра при высоте слоя песка над средним дренажем 500 мм проводилась следующим образом. Сначала осуществлялась промывка верхней части загрузки фильтра путем подачи промывной воды через средний дренаж и отвода ее через сливную воронку. Длительность такой промывки колебалась в пределах 4–5 мин., после чего наступало резкое осветление промывной воды. Затем, не приостанавливая верхней промывки, подавалась вода через нижнюю распределительную систему с последующим прекращением подачи воды через средний дренаж. Длительность этой промывки колебалась в пределах 12–15 мин., причем изменение мутности промывной воды происходило постепенно, не так четко, как при отмывке верхней части загрузки. В конце промывки для большей уверенности в ее полноте подавался в течение 1,5–2,0 мин. сжатый воздух так, чтобы имелся небольшой вынос мелких фракций песка.

При проведении испытаний опытного фильтра для выяснения распределения взвешенных веществ по высоте загрузки отбирались пробы песка на различной глубине специально сконструированным пробоотборником. При этом было обнаружено, что в некоторых зонах пробоотборник опускался в слой песка очень легко (иногда он без всяких усилий проваливался на определенную глубину), в то же время в остальных зонах для его продвижения требовалось приложение существенных усилий. Это указывало на то, что в толще песка имеются зоны («мешки») со значительно разреженной загрузкой вплоть до зон, заполненных лишь водой. Образование в загрузке таких участков, не заполненных или слабо запол-

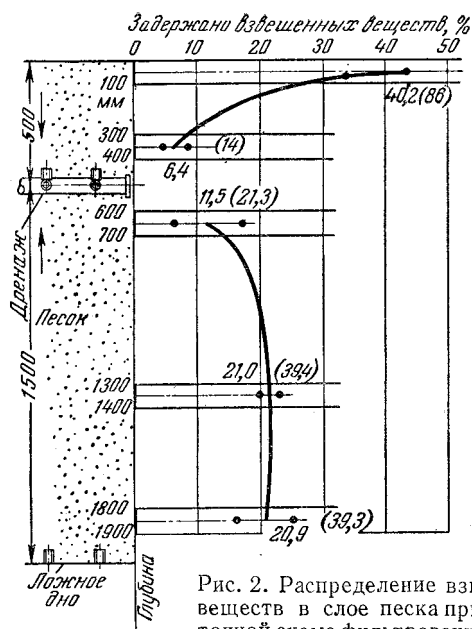


Рис. 2. Распределение взвешенных веществ в слое песка при двухпоточной схеме фильтрования (в скобках указан процент задержанных веществ для соответствующего слоя загрузки).

ненных песком, может быть объяснено, повидимому, тем, что среднее дренажное устройство при прекращении взрыхляющей промывки песка препятствует его возвращению в первоначальное положение. При этом происходят местные зависания фильтрующей массы, под которой и образуются участки загрузки разной степени заполнения.

Для устранения этого явления прекращение промывки фильтра производилось следующим образом. Прежде чем приступить к прекращению подвода воды через нижнюю распределительную систему, незначительно открывалась задвижка на трубопроводе, подводящем воду в среднюю дренажную систему, после чего постепенно закрывалась задвижка на линии подвода воды к нижней распределительной системе. При этом имелось в виду, что выходящие из колпачков средней дренажной системы поперечные струи воды должны в какой-то степени препятствовать зависанию песка и разрушать образующиеся своды. После прекращения подвода воды через нижнюю систему закрывалась также задвижка на подводе воды к среднему дренажу. Затем давался в продолжение 2–3 мин. поток воды сверху вниз, с подводом через сливную воронку и отводом через нижнюю распределительную систему, с целью дополнительного уплотнения песка, ликвидировав в какой-то степени участки его зависания. Эффективность такой операции была проверена путем последовательных изменений уровня песка до и после ее проведения. При этом было установлено, что достигается дополнительная усадка песка на 10–15 см.

Необходимо, однако, отметить, что такой режим окончания промывки фильтра лишь в какой-то степени ослаблял явление зависания песка, не устраняя его полностью, так как и после этого пробоотборником обнаруживалась различная степень плотности фильтрующей массы.

Заслуживает внимания найденный при испытании опытного фильтра по обычной однопоточной

точной схеме фильтрования (сверху вниз) весьма эффективный способ его промывки, заключающийся в том, что вода для промывки подается вначале через средний дренаж, расположенный при работе по данной схеме непосредственно под 100-мм верхним слоем песка (см. рис. 1), в котором задерживается основная часть поступающих в аппарат взвешенных веществ. При такой промывке уже по прошествии не более 1 мин. выходящая из фильтра воды была достаточно осветленной. Последующая промывка песка через нижнюю распределительную систему, а также и дополнительная к ней продувка сжатым воздухом не давали значительного эффекта.

Таким образом, первоначальная подача промывной воды через средний дренаж позволяет быстро удалить из фильтра основное количество задержанных им в процессе фильтрования взвешенных веществ, облегчая последующую промывку всего слоя загрузки.

Особенностью такой промывки является, во-первых, то, что весь загруженный в фильтр песок, за исключением верхнего 100-мм слоя, не участвует в промывке и остается неподвижным. Во-вторых, основная масса задержанных фильтром взвешенных веществ не перемешивается со всей загрузкой фильтра, а непосредственно удаляется с промывными водами. Это обстоятельство весьма существенно, так как при обычных промывках таких фильтров образовавшаяся в процессе фильтрования в верхнем слое грязевая корка (особенно при известковании и обескремнивании воды) при промывке ломается и отдельные ее части проваливаются в расширившуюся при промывке массу песка, достигая распределительной системы фильтра и постепенно забивая ее. При описанной промывке через средний дренаж грязевая корка быстро размывается и удаляется с промывными водами.

Третьей особенностью такой промывки является то, что интенсивность подачи воды определяется только необходимостью подъема задержанных фильтром взвешенных веществ и не связано с условием необходимого расширения всего слоя песка. Последнее, как известно, требует для применяющихся фракций песка интенсивности промывки в пределах $10 \div 15 \text{ л/сек м}^2$, что соответствует линейной скорости движения воды $36 \div 54 \text{ м/час}$. Подсчеты показывают, что для удаления задержанных взвешенных веществ достаточно иметь линейную скорость подъема воды порядка $10 \div 12 \text{ м/час}$, т. е. интенсивность такой промывки может быть снижена не менее чем втрое по сравнению с обычной промывкой. А так как длительность этой промывки в ряде случаев может быть резко сокращена, то и общий расход воды на промывку может быть значительно снижен.

Предлагаемая промывка верхнего слоя загрузки фильтра существенно отличается от так называемой «верхней промывки», рекомендуемой за последние годы и получившей некоторое применение на отдельных водоподготовительных установках. Такая верхняя промывка полезна только с точки зрения размывания образующейся грязевой корки на поверхности песка. Однако при этом остается необходимость последующего рас-

ширения всей массы песка с целью удаления грязевой пленки.

Промывка верхнего слоя с последующей промывкой всей загрузки может быть рекомендована во всех случаях фильтрования воды сверху вниз как для напорных фильтров, так и для фильтров открытого типа.

В 1952 г. МО ЦКТИ провело испытание промышленного двухпоточного напорного фильтра, установленного на одной из приволжских электростанций по проекту Харьковского отделения Теплоэлектропроекта (рис. 3). Фильтр был загружен дробленным антрацитом со средним размером зерен 1,04 мм и коэффициентом неоднородности 6,4. Содержание взвешенных веществ в поступающей на фильтр воде колебалось в пределах $30 \div 40 \text{ мг/л}$.

Результаты испытаний этого фильтра подтвердили в основном данные испытаний на тэц ЗИС. Промышленный двухпоточный напорный фильтр устойчиво работал с производительностью 180 т/час при длительности рабочего цикла около 7 час. и увеличении перепада давления к концу цикла до $5 \div 7 \text{ м вод. ст.}$ Фильтр отключался на промывку при снижении прозрачности осветленной воды до 50 см по «кресту». Скорость фильтрования составляла в среднем 26 м/час , в том числе около 10 м/час в верхней части загрузки и около 16 м/час — в нижней.

Пропускная способность механического фильтра, как известно, зависит от многих факторов, из которых основными являются: качество исходной воды, способы обработки воды перед подачей ее на механический фильтр, гранулометрическая характеристика и природа загруженного в фильтр материала, высота слоя загрузки фильтра, конечный перепад давления в слое и др. Представляется затруднительным получить какие-либо количественные оценки этих факторов для сопоставления различных по конструкции и по условиям работы механических фильтров. Такую суммирующую оценку работы механического фильтра, хотя и весьма ориентировочную, может дать применяемый условный показатель грязеемкости механического фильтра, выражающий весовое количество задержанных фильтром в течение рабочего цикла взвешенных веществ, отнесенное к 1 м^2 площади фильтрования, при условии примерно одинакового увеличения перепада давления воды в слое загрузки сравниваемых фильтров.

Средняя грязеемкость промышленного двухпоточного напорного фильтра, определенная по 11 рабочим циклам с конечным увеличением перепада до 6 м вод. ст. , составляет $7,9 \text{ кг/м}^2$, в том числе: грязеемкость верхней части загрузки — $3,0 \text{ кг/м}^2$ и грязеемкость нижней части — $4,9 \text{ кг/м}^2$. Общая грязеемкость опытного двухпоточного напорного фильтра на тэц ЗИС составляла $8,0 \text{ кг/м}^2$ при конечном увеличении перепада до 5 м вод. ст.

К сожалению, по ряду обстоятельств не представилось возможным провести испытание промышленного двухпоточного фильтра, а также сравнить его работу в одинаковых условиях с работой обычных фильтров в весенний паводок. Однако, принимая во внимание, что грязеемкость

точной схеме фильтрования (сверху вниз) весьма эффективный способ его промывки, заключающийся в том, что вода для промывки подается вначале через средний дренаж, расположенный при работе по данной схеме непосредственно под 100-мм верхним слоем песка (см. рис. 1), в котором задерживается основная часть поступающих в аппарат взвешенных веществ. При такой промывке уже по прошествии не более 1 мин. выходящая из фильтра воды была достаточно осветленной. Последующая промывка песка через нижнюю распределительную систему, а также и дополнительная к ней продувка сжатым воздухом не давали значительного эффекта.

Таким образом, первоначальная подача промывной воды через средний дренаж позволяет быстро удалить из фильтра основное количество задержанных им в процессе фильтрования взвешенных веществ, облегчая последующую промывку всего слоя загрузки.

Особенностью такой промывки является, во-первых, то, что весь загруженный в фильтр песок, за исключением верхнего 100-мм слоя, не участвует в промывке и остается неподвижным. Во-вторых, основная масса задержанных фильтром взвешенных веществ не перемешивается со всей загрузкой фильтра, а непосредственно удаляется с промывными водами. Это обстоятельство весьма существенно, так как при обычных промывках таких фильтров образовавшаяся в процессе фильтрования в верхнем слое грязевая корка (особенно при известковании и обескремнивании воды) при промывке ломается и отдельные ее части проваливаются в расширившуюся при промывке массу песка, достигая распределительной системы фильтра и постепенно забивая ее. При описанной промывке через средний дренаж грязевая корка быстро размывается и удаляется с промывными водами.

Третьей особенностью такой промывки является то, что интенсивность подачи воды определяется только необходимостью подъема задержанных фильтром взвешенных веществ и не связано с условием необходимого расширения всего слоя песка. Последнее, как известно, требует для изменяющихся фракций песка интенсивности промывки в пределах $10 \div 15 \text{ л/сек м}^2$, что соответствует линейной скорости движения воды $36 \div 54 \text{ м/час}$. Подсчеты показывают, что для удаления задержанных взвешенных веществ достаточно иметь линейную скорость подъема воды порядка $10 \div 12 \text{ м/час}$, т. е. интенсивность такой промывки может быть снижена не менее чем втрое по сравнению с обычной промывкой. А так как длительность этой промывки в ряде случаев может быть резко сокращена, то и общий расход воды на промывку может быть значительно снижен.

Предлагаемая промывка верхнего слоя загрузки фильтра существенно отличается от так называемой «верхней промывки», рекомендуемой за последние годы и получившей некоторое применение на отдельных водоподготовительных установках. Такая верхняя промывка полезна только с точки зрения размывания образующейся грязевой корки на поверхности песка. Однако при этом остается необходимость последующего рас-

ширения всей массы песка с целью удаления грязевой пленки.

Промывка верхнего слоя с последующей промывкой всей загрузки может быть рекомендована во всех случаях фильтрования воды сверху вниз как для напорных фильтров, так и для фильтров открытого типа.

В 1952 г. МО ЦКТИ провело испытание промышленного двухпоточного напорного фильтра, установленного на одной из приволжских электростанций по проекту Харьковского отделения Теплоэлектропроекта (рис. 3). Фильтр был загружен дробленным антрацитом со средним размером зерен 1,04 мм и коэффициентом неоднородности 6,4. Содержание взвешенных веществ в поступающей на фильтр воде колебалось в пределах $30 \div 40 \text{ мг/л}$.

Результаты испытаний этого фильтра подтвердили в основном данные испытаний на тэц ЗИС. Промышленный двухпоточный напорный фильтр устойчиво работал с производительностью 180 т/час при длительности рабочего цикла около 7 час. и увеличении перепада давления к концу цикла до $5 \div 7 \text{ м вод. ст.}$ Фильтр отключался на промывку при снижении прозрачности осветленной воды до 50 см по «кресту». Скорость фильтрования составляла в среднем 26 м/час , в том числе около 10 м/час в верхней части загрузки и около 16 м/час — в нижней.

Пропускная способность механического фильтра, как известно, зависит от многих факторов, из которых основными являются: качество исходной воды, способы обработки воды перед подачей ее на механический фильтр, гранулометрическая характеристика и природа загруженного в фильтр материала, высота слоя загрузки фильтра, конечный перепад давления в слое и др. Представляется затруднительным получить какие-либо количественные оценки этих факторов для сопоставления различных по конструкции и по условиям работы механических фильтров. Такую суммирующую оценку работы механического фильтра, хотя и весьма ориентировочную, может дать применяемый условный показатель грязеемкости механического фильтра, выражающий весовое количество задержанных фильтром в течение рабочего цикла взвешенных веществ, отнесенное к 1 м^2 площади фильтрования, при условии примерно одинакового увеличения перепада давления воды в слое загрузки сравниваемых фильтров.

Средняя грязеемкость промышленного двухпоточного напорного фильтра, определенная по 11 рабочим циклам с конечным увеличением перепада до 6 м вод. ст., составляет $7,9 \text{ кг/м}^2$, в том числе: грязеемкость верхней части загрузки — $3,0 \text{ кг/м}^2$ и грязеемкость нижней части — $4,9 \text{ кг/м}^2$. Общая грязеемкость опытного двухпоточного напорного фильтра на тэц ЗИС составляла $8,0 \text{ кг/м}^2$ при конечном увеличении перепада до 5 м вод. ст.

К сожалению, по ряду обстоятельств не представилось возможным провести испытание промышленного двухпоточного фильтра, а также сравнить его работу в одинаковых условиях с работой обычных фильтров в веселый паводок. Однако, принимая во внимание, что грязеемкость

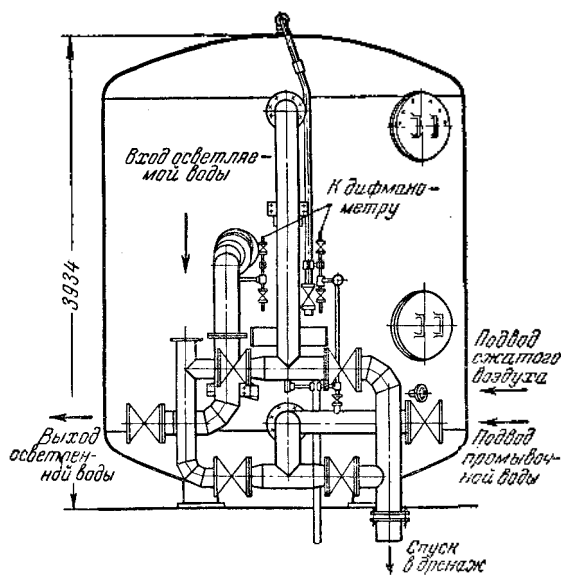
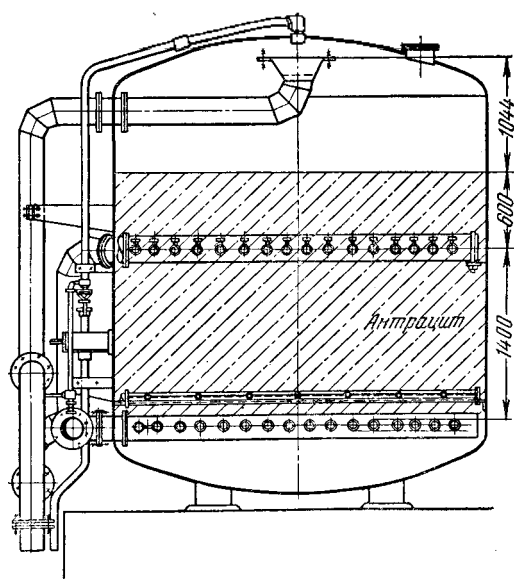


Рис. 3. Промышленный двухпоточный напорный механический фильтр.

нижней части загрузки двухпоточного напорного фильтра значительно превышает грязеемкость верхней его части, можно считать, что производительность такого фильтра при самых неблагоприятных условиях будет в 2 раза больше производительности однопоточного механического напорного фильтра.

Особенно затруднительным для прямоточных схем водоочистки является обеспечение их нормальной работы в так называемый «пик» паводка, продолжающийся обычно не более 15 суток и отличающийся особенно высоким загрязнением речных вод. Для смягчения условий работы механических фильтров в этот короткий период, когда паводковые воды содержат в себе большое количество грубодисперсных взвешенных веществ, можно рекомендовать частичное ее удаление из воды до поступления последней на фильтры путем организации непрерывной продувки камер реакции (или, как их неправильно именуют, «мишеров»). При входе воды в низ цилиндрической части камеры наиболее тяжелая известь оседает в нижней части аппарата, откуда ее удобно вывести при надлежащей продувке через спускной трубопровод камеры. Это мероприятие было проверено автором настоящей статьи в паводковый период на одной из рек и дало удовлетворительный результат.

Не следует также пренебрегать возможностью использования способности ионообменных фильтров работать частично как механические фильтры, позволяя тем самым до некоторой степени разгружать механические фильтры в наиболее тяжелый для них период «пики» паводка. Это тем

более представляется целесообразным, если учесть, что катионитовые фильтры будут при этом работать по «пленочной» схеме, т. е. участвовать в механическом фильтровании будет только верхний незначительный по высоте слой катионита, не препятствуя процессу ионного обмена основной его массы. Здесь также будет уместно применение описанной выше промывки верхнего слоя загрузки фильтра.

Учитывая положительные результаты испытаний опытного фильтра на тэц ЗИС и промышленного напорного механического фильтра диаметром 3000 мм, Техсовет при Министре электростанций признал целесообразным применение таких фильтров на водоподготовительных установках электростанций, а Таганрогский завод «Красный котельщик» включил эти фильтры в номенклатуру выпускаемого им в 1953 г. водоподготовительного оборудования.

Расчетная скорость фильтрования в двухпоточных механических фильтрах напорного типа может быть рекомендована в пределах $8 \div 12$ м/час в зависимости от схемы обработки воды. При этом нижний предел имеет в виду прямоточные схемы водоподготовки, а верхний — комбинированные схемы с обработкой воды в отстойниках.

Рекомендуемые расчетные нормы являются предварительными. В дальнейшем, когда будет исследована работа двухпоточных фильтров в паводковый период и получены систематизированные данные об их эксплуатации в различных условиях, можно будет установить окончательные нормативные показатели работы двухпоточных напорных механических фильтров.



Настройка регулирования с чашечным клапаном паровых турбин

Инж. А. М. Корниенко

На ряде турбин энергопоездов находятся в работе регуляторы с чашечными клапанами, представляющие также интерес в связи с новыми разработками систем регулирования для мощных паровых турбин.

Ниже описаны конструкция регулятора, преобразователя давления, работа регулятора, настройка регулирования и приемы устранения основных неполадок в работе регулирования.

Конструкция центробежного регулятора

В регуляторе центробежного типа (рис. 1) с вертикальным валом 2 центробежное усилие грузов уравнивается плоской пружиной 27 и давлением регулирующего масла на верхушку чашечного клапана 23. Тарелка регулятора 28, поддерживающая грузы, получает вращение от конца вала турбины через винтовую коническую зубчатую передачу 1 и 3.

Грузы регулятора прикреплены к полосе пружинной стали, установленной по диаметру тарелки регулятора и закрепленной по ней упорами. Эта пружина в центре образует выступ вида перевернутой буквы U, движение грузов выгибает полосу, передавая, таким образом, посредством винта 26 и шарика 25 движение чашечному клапану 23.

Вал регулятора и привода насоса 2 поддерживается подшипниками комбинированного опорно-упорного типа 5, установленными на кронштейне. Подшипники смазываются под давлением через просверленные в стойке отверстия, продольную канавку в каждом подшипнике и через несколько радиальных канавок по краям подшипников.

Стойка подшипников присоединяется болтами к кронштейну. Вертикальное положение тарелки регулятора может быть отрегулировано с помощью прокладок 7, укладываемых между верхним гребнем и тарелкой регулятора 28.

Зазор между подшипником 5 и упорным гребнем 6 устанавливается с помощью прокладки. Второй подшипник (не показан на рисунке) размещается на нижнем конце вала регулятора, в корпусе масляного насоса.

Основные части преобразователя давления следующие: чашечный клапан 23, корпус 22 и седло чашечного клапана 21.

Под давлением 5,25 ата масло входит в осевое сверление седла чашечного клапана 21 через два отверстия, просверленные в средней части золотника 11. Чашечный клапан, расположенный под этим осевым каналом, изменяет поток масла на выходе, тем самым регулирует давление в осевом сверлении седла чашечного клапана 21 и золотника 11.

Это давление, определяемое положением чашечного клапана, является вторичным регулирующим давлением и действует на золотник 11, управляющий приводом паровых клапанов.

Через седло клапана непрерывно течет масло высокого давления (5,25 ата).

При движении чашечного клапана вверх количество вытекающего масла сокращается, что вызывает увеличение вторичного давления. При движении чашечного клапана вниз, вторичное давление уменьшается, как было описано выше, положение чашечного клапана определяется положением грузов регулятора. Поэтому движение чашечного клапана, а следовательно, и изменение вторичного регулирующего давления, соответ-

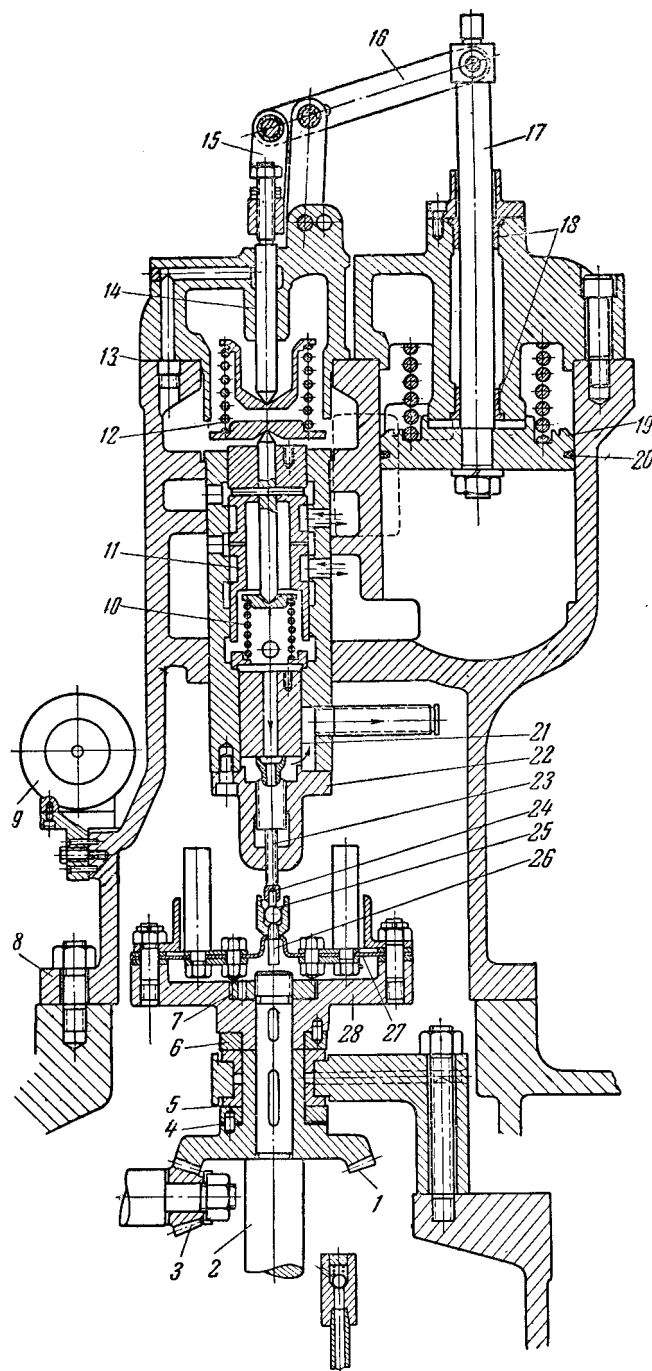


Рис. 1. Регулятор с чашечным

ственно следует изменению скорости вращения турбины.

Так как давление передается на чашечный клапан, то его положение определяется величиной этого давления и центробежной силой грузов, передаваемой на клапан через пружину 27.

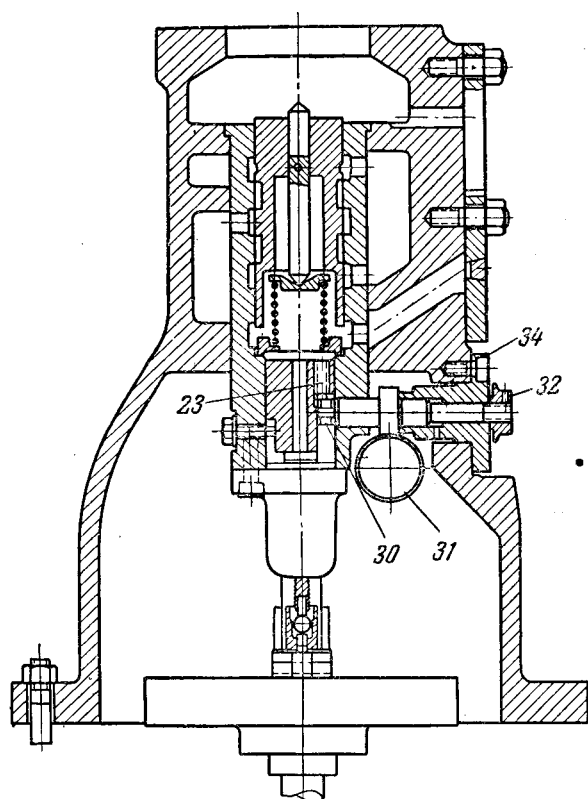
При нормальной работе положение чашечного клапана регулируется установочным винтом 29, изменяющим давление.

Работа регулятора

При уменьшении нагрузки скорость вращения турбины увеличивается. Возросшее центробежное усилие грузов регулятора передвигает чашечный клапан вверх. Давление регулирующего масла повышается до тех пор, пока не уравнивается возросшее центробежное усилие грузов регулятора.

Увеличение давления вызывает перемещение вверх золотника 11. При движении золотника вверх открывается отверстие, через которое масло высокого давления проходит в камеру под рабочим поршнем 19 усилителя и соединяет камеру над поршнем со сливной камерой. При этом поршень усилителя передвинется вверх и прикроет регулирующие клапаны. Движение рабочего поршня вверх передается с помощью рычажной передачи (17, 16, 15 и 14) пружине 12, увеличивая ее сжатие до тех пор, пока ее усилие не уравнивается возросшее вторичное регулирующее давление, действующее на золотник 11. Под действием пружины золотник усилителя вновь возвращается в свое среднее положение.

1 Усилие пружины 12 уравнивает не только давление вторичного масла на золотник 11, но и усилие пружины 10 силового замыкания.



клапаном и синхронизатор.

При изменении скорости вращения турбины действие регулирования происходит в обратном направлении.

Особенности настройки регулирования

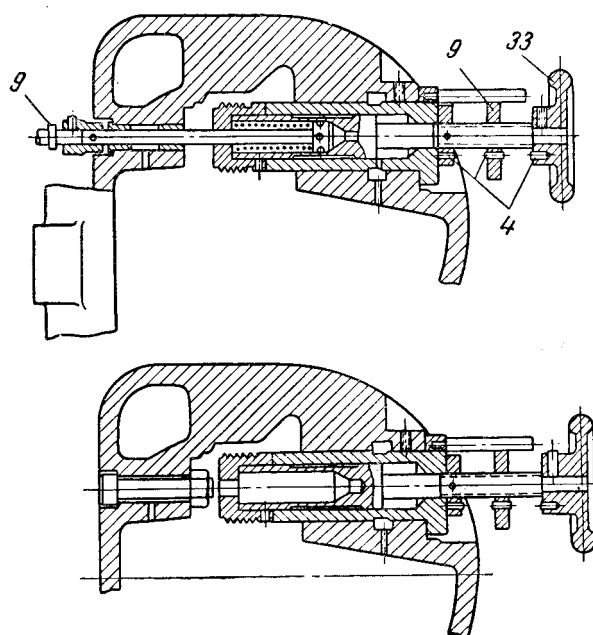
Для обеспечения нормальной работы регулирования в эксплуатации необходимо производить настройку регулирования следующим образом:

1. Механизм управления (синхронизатор) воздействует на давление. Его настраивают так, чтобы на холостом ходу турбогенератора можно было изменить скорость вращения в пределах 900 об/мин. При этом в сторону «прибавить» изменение скорости вращения турбины не должно быть больше 5% от номинального значения, так как избыточный запас хода механизма управления позволяет перегрузить турбогенератор при работе его с номинальной частотой в сети и с нормальными параметрами пара.

2. Для достижения такой настройки с помощью синхронизма следует вращением маховика 33 в направлении увеличения скорости вращения достигнуть такого положения, когда риска, нанесенная на указателе 32 положения распределительного кулачка, совпадает с риской, нанесенной на верхней части лицевой поверхности втулки 34. Вращение указателя 32 осуществляется маховиком 33 через передачу 31.

Распределительный кулачок 30 будет тогда в наивысшем своем положении. В этом положении штифт 4 на упорном диске 9 должен коснуться штифта на маховичке 33, что препятствует вращению маховичка в направлении увеличения скорости вращения.

3. Чашечный клапан 23 следует опустить на место так, чтобы он коснулся шарика 25. Затем ставится на место седло чашечного клапана 21 и вывертывается установочный винт 29 до тех пор, пока седло будет опираться на чашечный клапан.



4. Установочный винт 29 не должен касаться распределительного кулачка 30, седло при этом будет лежать на чашечном клапане, а последний будет поддерживаться через шарик пружинной регулятора 27.

5. При помощи глубиномера измеряется расстояние от верхней фланцевой поверхности корпуса регулятора 13 до верхней части седла чашечного клапана. Затем установочный винт 29 вворачивается до тех пор, пока он не коснется распределительного кулачка 30 и поднимет седло клапана 21 на 1,6 мм.

Соотношение перемещений установочного винта 29 и маховичка механизма управления таково, что $\frac{1}{50}$ оборота винта соответствует одному обороту маховичка.

6. После окончательной регулировки установочный винт 29 следует зачеканить от произвольного проворота.

Неполадки в работе регулирования

Неустойчивая работа

При неустойчивой работе регулирования происходит периодическое частичное открытие и закрытие регулирующих клапанов, сопровождающееся периодическими изменениями давления пара перед первой ступенью турбины. В случае параллельной работы турбины с сетью качание регулирования сопровождается периодическим изменением мощности. Неустойчивая работа регулирования данной конструкции происходит в большинстве случаев по следующим причинам:

1. Заедание штоков регулирующих клапанов 1 (рис. 2) происходит вследствие недостаточного зазора (должен быть $0,005 \div 0,008$ от диаметра штока), коробления направляющих втулок штоков 2, искривления штоков, заноса солями.

2. Износ втулок 18 (рис. 1) в корпусе сервомотора до 0,2 мм и в результате этого перекося поршня 19. Зазор между штоком 17 и втулкой 18 на диаметр должен быть в пределах $0,05 \div 0,15$.

3. Выработка поршневого кольца 20 и большой зазор в стыке порядка 2,5 мм вместо нормального 1 мм.

4. Износ шарнирных сочленений до 0,1 мм.

Устранение этой причины нечувствительности достигается заменой валиков шарнирных сочленений. Валики нужно ставить стальные закаленные по скользящей посадке. Если изношено также отверстие, то его нужно выправить разверткой и

поставить новые валики несколько большего диаметра.

5. Направляющая часть чашечного клапана срабатывается за 3 000 час. работы до 0,2 мм, как показано на рис. 3 стрелкой, в том случае, когда точка соприкосновения стального упора 24 и шарика 25 не лежит на оси штока клапана (рис. 1). Опорный торец стального упора должен быть отполирован и соприкасаться с шариком в одной точке, расположенной на оси чашечного клапана. Опора чашечного клапана изготавливается из победита, при плохой полировке опорной части оставшиеся риски в течение месяца работы снашивают шарик до 0,1 мм. Чашечный клапан при этом соприкасается с шариком площадкой и получает вращательное движение со скоростью вращения валика регулятора около 1 500 об/мин. При таком положении регулирование теряет чувствительность. Для устранения подобных дефектов при ремонте необходимо опору чашечного клапана полировать мелкой пастой ГОИ до зеркального блеска. Отцентровать ось чашечного клапана с осью шарика можно при помощи центра, установленного вместо шарика, который на опорной поверхности победитового упора, покрытого воском, оставит точку соприкосновения центра. После центровки развернуть два отверстия и установить контрольные шпильки на фланце корпуса регулятора 8 (рис. 1). Нужно отметить, что износ шарика или получение выемки на победитовой опорной поверхности до 0,01 мм дает самопроизвольное колебание нагрузки до 150 квт. Новый чашечный клапан 23 должен быть подогнан к корпусу 21 по скользящей посадке (пригнать так, чтобы чашечный клапан плавно заходил в корпус от собственного веса). В случае появления на шарике площадки 0,01 мм последний необходимо заменить новым.

6. Седло чашечного клапана 21 в месте соприкосновения с чашечкой зачастую имеет круговые выработки глубиной до 0,1 мм, что затрудняет четкое отсекание струи масла. Для надежной работы риски следует удалить на токарном станке или притереть на плите пастой ГОИ до зеркального блеска, после чего по краске проверить правильность соприкосновения с чашечкой на месте установки и подогнать до соприкосновения по всему кругу.

После устранения перечисленных дефектов качание прекращается и регулирование работает хорошо.

Пульсация в системе регулирования

Иногда происходит пульсация рычагов, золотника и связанная с этим вибрация отдельных участков регулирования, маслопровода и их опор.

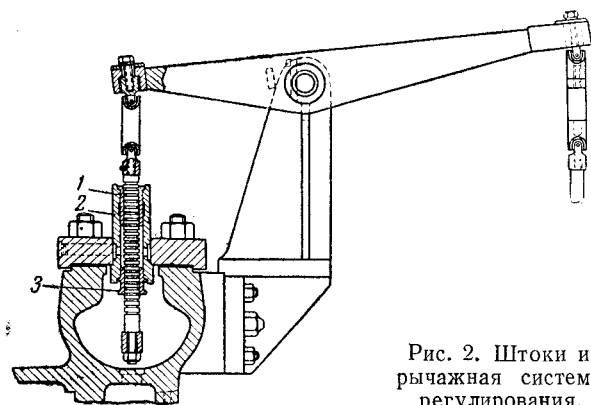


Рис. 2. Штоки и рычажная система регулирования.

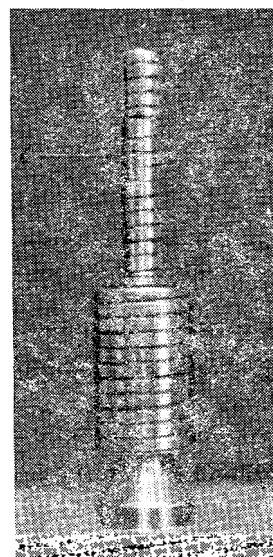


Рис. 3. Чашечный клапан.

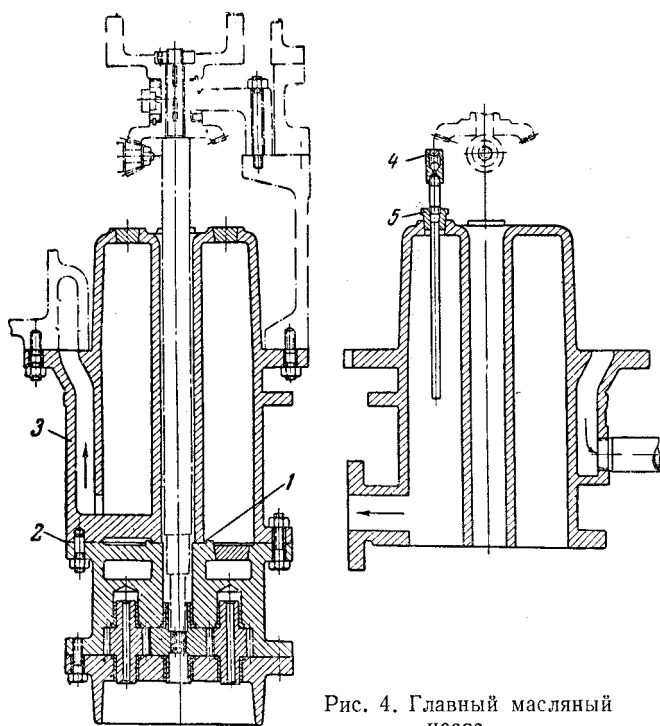


Рис. 4. Главный масляный насос.

Эти явления еще недостаточно изучены. В нашей практике встречаются следующие причины пульсации:

1. Для обеспечения нормальной работы регулирования данной конструкции необходимо отрегулировать давление масла на холостом ходу в преобразователе так, чтобы на сливе оно было равно $2,1 \div 2,2$ ата, а при нормальной нагрузке автоматически устанавливалось от 1,3 и до 1,5 ата. Первичное давление на регулирование должно

быть 5,25 ата, давление на подшипник — $0,5 \div 0,6$ ата.

На одной из турбин в процессе ремонта при сборке главного масляного насоса не была установлена прокладка между корпусом насоса и масляным резервуаром в плоскости 1 (рис. 4). Масляный насос не мог обеспечить давление на регулирование больше 4 ата в результате того, что через это место происходила утечка масла (в плоскости 2 прокладка стояла). Регулирование пульсировало в результате изменений скорости истечения масла через щели золотника и буксы.

2. Данной конструкцией регулирования предусмотрен воздушный буфер в верхней части масляного уравнильного бака 3 для поддержания постоянной скорости истечения масла в процессе работы масляной системы. При ремонте сопло 4, подводящее масло к конической паре, не было уплотнено с крышкой уравнильного масляного бака в гайке 5, из-за чего воздушный буфер не действовал. Масло начало пульсировать в трубопроводах в результате попадания в него воздуха.

Регулирование работало неустойчиво на холостом ходу турбины и при всех нагрузках.

Место выхода воздуха из масляного резервуара уплотнили, и пульсация прекратилась.

Выводы

1. Регулирование по описанной выше схеме и конструкции при хорошем ремонте может работать бесперебойно около 10 тыс. час.

2. Активному износу в процессе работы подвергаются следующие детали: чашечный клапан, корпус чашечного клапана, шарик диаметром 12,5 мм, поршневое кольцо сервомотора. Все эти детали должны быть заранее изготовлены и находиться на электростанции в запасе.



Выбор сетевых насосов для крупных теплофикационных установок

Инж. М. П. Чувилкин

Для крупных теплоэлектроцентралей проектными организациями иногда принимаются к установке в качестве сетевых насосов насосы типа 10НМК×2, напор которых значительно выше требуемого.

Опыт работы тепловых сетей показал, что максимальный требующийся для них напор воды составляет около 100 м вод. ст., большинство же сетей работает при более низких напорах. Поэтому точки работы насосов 10НМК×2 располагаются на ниспадающей части характеристики (от 100 м вод. ст. и ниже), т. е. там, где резко падает к. п. д. насоса (рис. 1).

На приведенном ниже примере показано, к чему приводит применение насосов 10НМК×2.

При расширении одной крупной тэц для параллельной работы с существующими насосами 300Д были установлены два насоса 10НМК×2 на общую тепловую сеть, требующую по расчету

3 500 м³/час воды для удовлетворения всех потребителей. Характеристика сети вместе с уча-

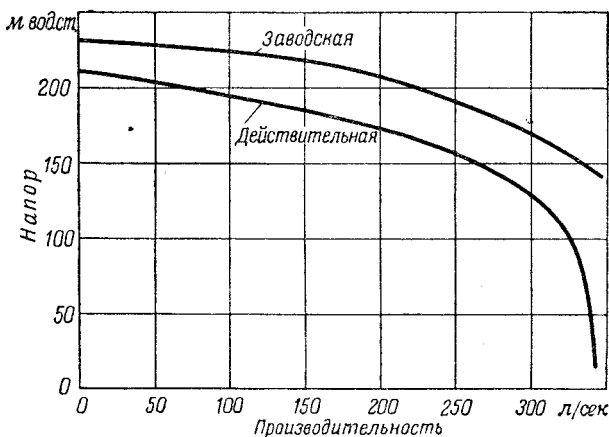


Рис. 1. Характеристика насоса типа 10НМК×2.

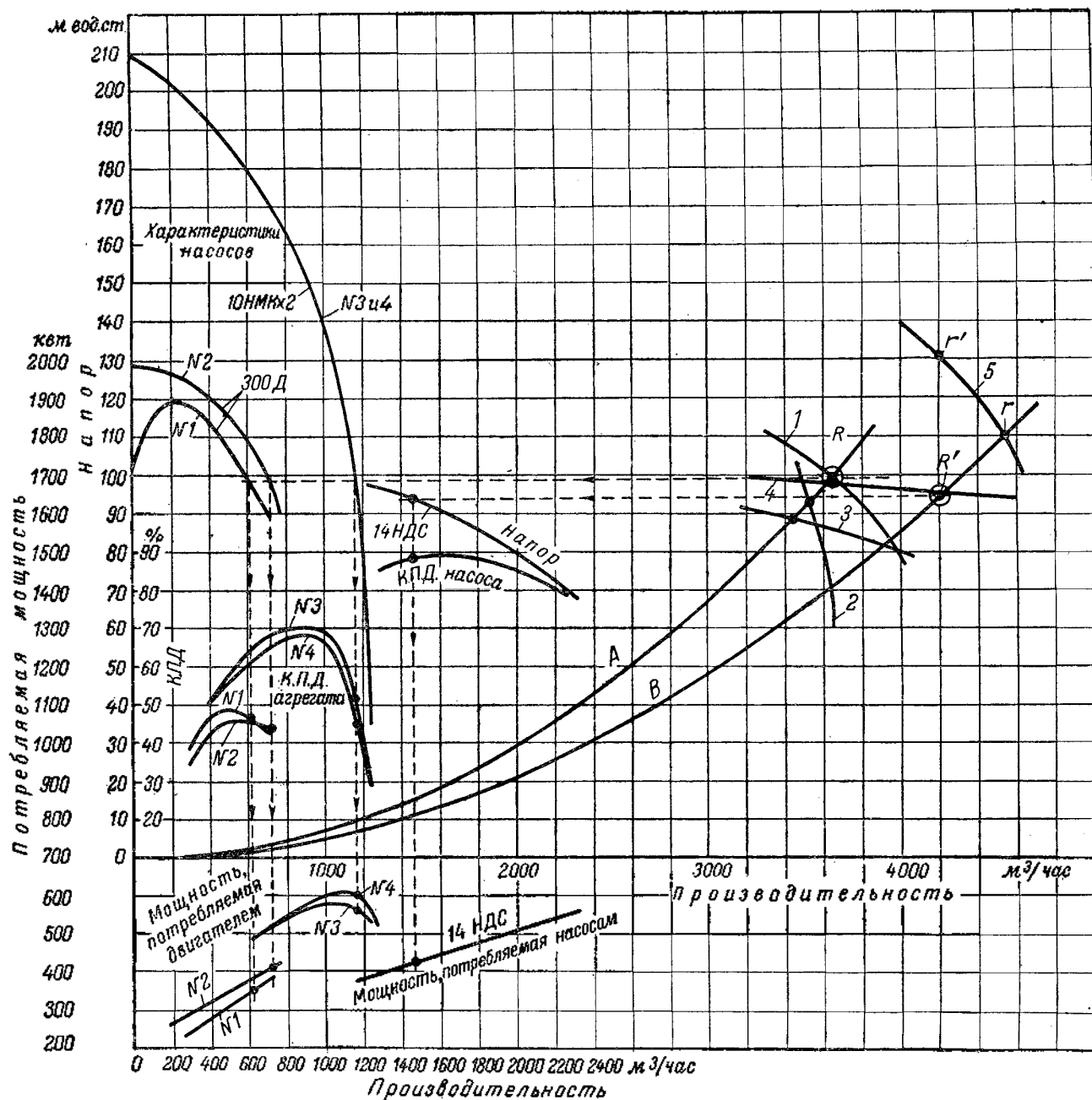


Рис. 2. Характеристика параллельной работы сетевых насосов.

1—четыре насосов (два 10НМК×2 и два 300Д); 2—трех насосов 10НМК×2; 3—двух насосов 14НДС; 4—трех насосов 14НДС; 5—четыре насосов 10НМК×2; А—характеристика существующей сети; В—характеристика сети после расширения.

стками подогревателей представлена на рис. 2 кривой А.

На графике рис. 2 показаны кривые к. п. д. агрегатов и мощности, потребляемой двигателями насосов 10НМК×2 (№ 3 и 4) и 300Д (№ 1 и 2), построенные по данным испытаний.

Суммарная характеристика всех четырех насосов пересекает характеристику сети в точке R, которая и является точкой установившейся работы. Как видно из этого графика, работа всех четырех насосов происходит на спаде характеристик (нахождение к. п. д. показано пунктиром).

В точке установившейся работы к. п. д. агрегатов 10НМК×2 равны 48÷52%, а 300Д—47÷44%, что показывает совершенно недостаточную экономичность работы, а между тем факт

полностью открытых задвижек у насосов создает у эксплуатационного персонала впечатление высокой экономичности их работы.

Произведенный анализ совместной работы четырех насосов на сеть данной характеристики показывает, что тип добавочных насосов был выбран неправильно.

На рис. 2 приведены также характеристики насоса 14НДС, построенные по заводским данным, и характеристика параллельной работы двух насосов 14НДС на данную сеть (кривая 3). Такая работа с достаточным приближением обеспечивает подачу требуемого количества сетевой воды. При этом насосы 14НДС в точке установившейся работы имеют наилучший к. п. д. и, следовательно, наибольшую экономичность работы.

Экономия электроэнергии от замены насосов 10НМК×2 насосами 14НДС будет выражаться величиной $1\,930 - 1\,020 = 910 \text{ кВт/час}$.

В течение отопительного сезона для средних областей СССР (длительностью 5 000 час. в год) общая экономия электроэнергии за год по данной тэц будет равна $910 \cdot 5\,000 = 4\,550\,000 \text{ кВтч}$.

На указанной тэц запроектировано расширение насосной путем установки еще двух насосов 10НМК×2 и увеличение подачи сетевой воды до $4\,200 \text{ м}^3/\text{час}$. Одновременно немного уменьшается потребный напор. Новая точка работы изобразится точкой R' на новой характеристике сети B .

Для обеспечения новой производительности четыре насоса 10НМК×2 (два существующих и два запроектированных) должны работать с дроселированием от точки r до точки r' на кривой 5, являющейся характеристикой совместной работы четырех насосов 10НМК×2, или же необходимо применять какие-либо другие способы регулирования производительности¹, что, естественно, вызовет усложнение эксплуатации и неизбежные потери.

Если же вместо четырех насосов 10НМК×2 будут работать три насоса 14НДС, то характеристика их параллельной работы (кривая 4) пересечет характеристику сети B как раз в требуемой точке R' , и работа их будет происходить с наилучшими к. п. д. (показано пунктиром)².

На рис. 2 показано пять вариантов параллельной работы сетевых насосов. Кривые 1, 2 и 3 показывают возможность обеспечения работы при существующем положении, кривая 5 — при расширении, а кривая 4 — в обоих случаях.

Основные показатели работы насосов при указанных вариантах приведены в таблице.

Анализ разобранных вариантов, а также учет местных условий, необходимость обеспечения надежности работы и удобства эксплуатации позволяют сделать вывод о том, что установка трех насосов 14НДС взамен четырех насосов 10НМК×2 является наиболее выгодным вариантом.

Затраты на замену насосов и электродвигателей будут выражаться в демонтаже старых и монтаже новых агрегатов и в разнице стоимости

¹ М. П. Чувилкин, Мероприятия по экономии электроэнергии в насосных установках, «Промышленная энергетика», 1952, № 7.

² Следует иметь в виду, что характеристики насосов НДС приняты по расчетным, а не по фактическим данным. Ред.

Кривая рис. 2	Число работающих насосов	Произво- дительно- сть, м ³ /час	Напор, м вод. ст.	Мощность, квт
1	Четыре насоса (два 10НМК×2 и два 300Д)	3 650	99	1 930
2	Три насоса 10НМК×2	3 520	92	1 740
3	Два насоса 14НДС	3 440	88	1 020*
4	Три насоса 14НДС	3 620	98	1 280*
5	То же при расшире- нии	4 200	94	1 400*
	Четыре насоса 10 НМК×2 при рас- ширении	4 200	130,94	2 370

* Эти цифры получены путем деления потребляемой насосом мощности на к. п. д. электродвигателя, принятого равным 0,9.

оборудования. Эти затраты (максимум в 20 тыс. руб. на каждый агрегат) малы по сравнению с получаемой огромной экономией.

Выводы

Результаты разобранного выше примера позволяют сделать следующие рекомендации:

1. Заводы-изготовители сетевых насосов в своих каталогах должны давать полные характеристики насосов вместе с крутопадающей частью как по напору, так и по к. п. д. и мощности.

2. Проектным организациям следует отказаться от принимаемой в некоторых случаях установки насоса 10НМК×2. Кроме того, им следует отказаться от практики увеличения проектных напоров насосов в порядке резервирования на случай всяких неполадок, что сможет оправдать неудовлетворительную эксплуатацию.

3. Приемку от монтажных организаций тепловых сетей или их участков необходимо производить с обязательным испытанием гидравлических сопротивлений и требовать соответствия их проектной величине.

4. Необходимо произвести испытание всех ранее установленных на крупных тэц насосов 10НМК×2 с целью определения мероприятий по повышению экономичности работы насосных установок.

5. Следует установить ответственность работников тэц за выдерживание удельных расходов электроэнергии на перекачку сетевой воды и работников Теплосети за выдерживание расчетных гидравлических сопротивлений тепловой сети.



Компоновка открытого распределительного устройства 110 кВ горной гидростанции

Инж. В. Я. Берлин

В практике строительства гидроэлектростанций в горных районах нередки случаи, когда на территории станционного узла не имеется площадки, достаточной для размещения открытой повысительной подстанции общепринятого «среднего» типа на одной отметке, даже при выполнении открытого распределительного устройства по одной из простых схем электрических соединений.

Создание подобных площадок при пересеченном рельефе местности требует выполнения значительного объема земляных и скальных работ, а относительная от машинного здания усложняет эксплуатацию распределительного устройства, резко увеличивает количество силовых и контрольных кабелей и, создавая ряд других затруднений, удорожает стоимость повысительной подстанции.

В подобных случаях широко применяются следующие решения:

1. Подстанция выполняется высокого типа, и разъединители устанавливаются над аппаратурой, на несущих конструкциях.

2. Подстанция размещается на нескольких террасах с различными отметками. На каждой террасе аппаратура и разъединители располагаются на одном уровне. Такой компоновке распределительного устройства нами присвоено условное наименование «ступенчатый тип».

3. Подстанция размещается непосредственно на косогоре, имеющем на всем протяжении одинаковый или разный уклон. Условное наименование «наклонный тип».

При этом открытая подстанция, как правило, всегда располагается в непосредственной близости от здания ГЭС.

Если повысительная подстанция выполняется по одной из схем, требующих для своего осуществления площадки значительных размеров, или при сложном горном рельефе местности, а тем более при сочетании обоих условий может потребоваться сочетание перечисленных типов компоновок. Ниже, на примере одной гидростанции показан выбор типа и компоновки открытой повысительной подстанции 110 кВ в условиях сложного горного рельефа.

На гидростанции устанавливаются четыре агрегата. На генераторном напряжении принята схема в виде блоков из двух генераторов и одного повысительного трансформатора (группа однофазных трансформаторов или один трехфазный трансформатор, 50 тыс. кВА, 10,5/121 кВ).

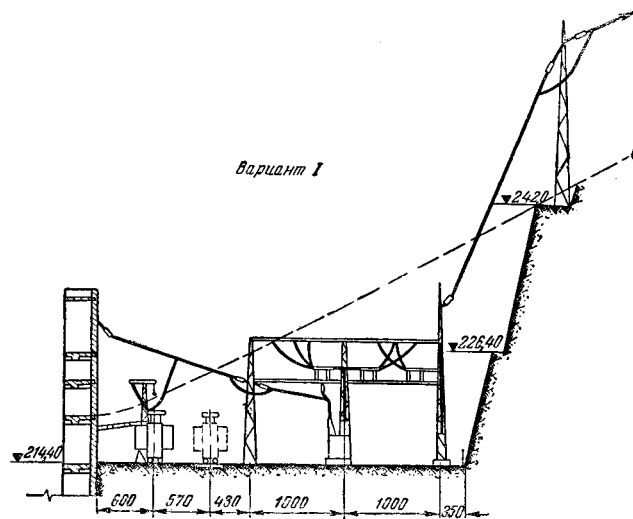
Распределительное устройство 110 кВ выполняется по схеме с двумя системами сборных шин с одним выключателем на цепь и шинносоединительным выключателем. От шин 110 кВ отходят три линии: одна — к другой ГЭС этого же каскада и две параллельные — к энергосистеме.

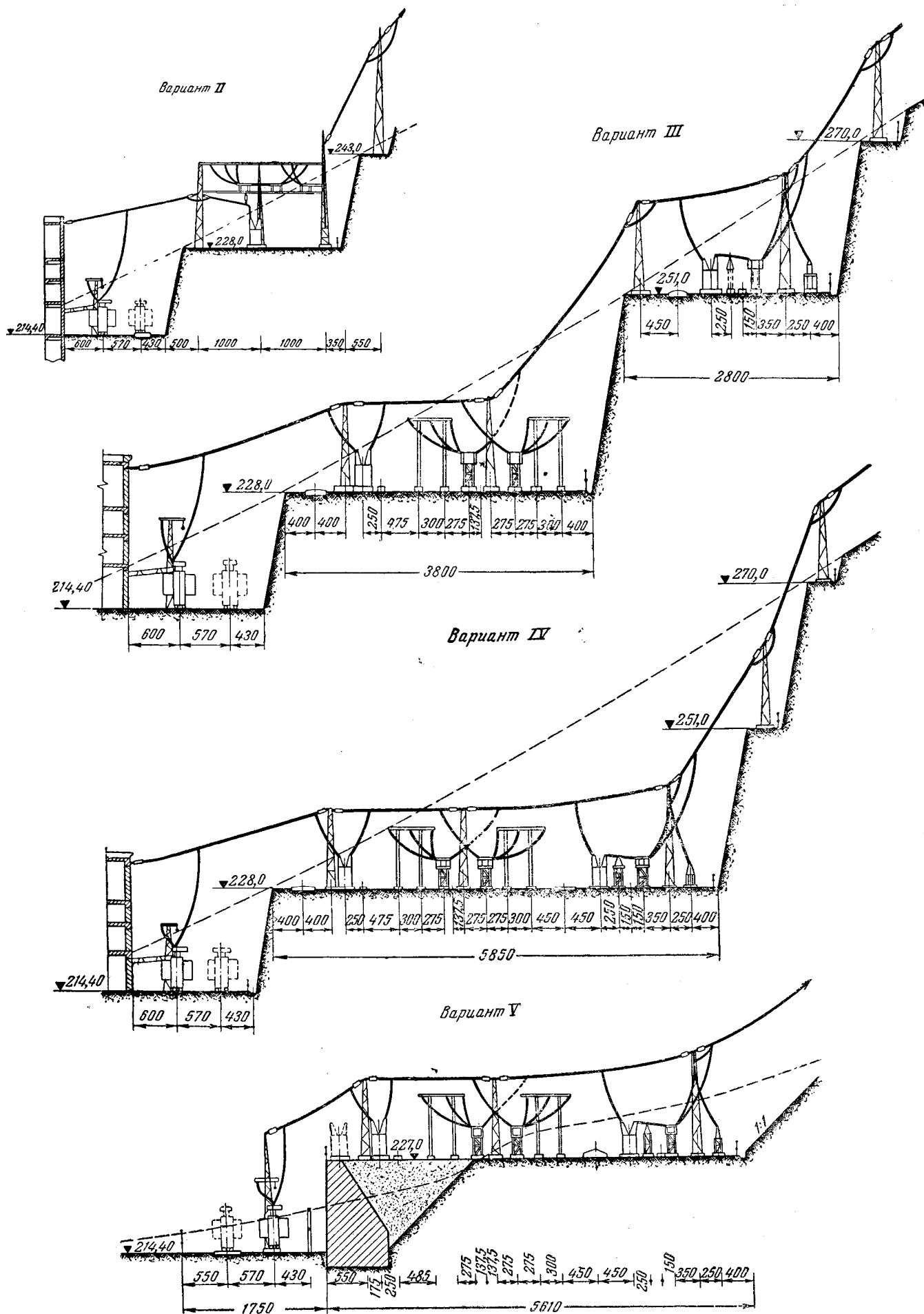
Гидростанция размещается в глубоком ущелье с крутыми склонами. Территории, необходимой для расположения повысительной подстанции в обычном исполнении, не имеется ни вблизи машинного здания, ни даже на значительном удалении.

Для выбора наилучшего решения был разработан ряд вариантов компоновки и расположения распределительного устройства 110 кВ. При этом вариант обычной компоновки распределительного устройства с расположением всей аппаратуры и разъединителей на одном уровне на площадке, имеющей одну отметку, из рассмотрения исключен, как явно неприемлемый при данном рельефе местности. Вариант «наклонного типа» также не рассматривался, так как применение подобной компоновки целесообразно лишь при небольших уклонах. Более подробно были рассмотрены пять вариантов (см. рисунок), особенности которых ясны без каких-либо пояснений.

Для всех пяти вариантов компоновки были выполнены необходимые расчеты и определены объемы земляных, скальных и бетонных работ. Сводные итоги расчетов приведены в таблице.

Варианты компоновки и расположения распределительных устройств 110 кВ





Наименование работ	Коэффициент приведенного бетона	Вариант I		Вариант II		Вариант III		Вариант IV		Вариант V	
		Объем работ, м³	Объем приведенного бетона, м³	Объем работ, м³	Объем приведенного бетона, м³	Объем работ, м³	Объем приведенного бетона, м³	Объем работ, м³	Объем приведенного бетона, м³	Объем работ, м³	Объем приведенного бетона, м³
Земляные . .	0,20	36 800	7 360	21 400	1 285	16 000	960	2 300	1 380	45 000	2 700
Скальные . .	0,20	36 800	7 360	13 200	2 640	47 500	9 500	69 000	13 800	15 000	3 000
Насыпи . . .	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	10 000	4 000
Бетонные . .	1,0	—	—	—	500	—	—	—	—	6 150	6 150
Итого приведенного бетона	—	—	14 720	—	4 425	—	10 460	—	15 180	—	15 850

Для возможности сопоставления все итоги вычислены в кубических метрах «приведенного бетона». В качестве переводных коэффициентов приняты: 0,06 — для земляных работ, 0,20 — для скальных работ и 0,04 — для насыпи.

Как видно из таблицы, вариант V требует для своего осуществления выполнения 15 850 м³ работ в единицах «приведенного бетона», т. е. больше, чем каждый из остальных вариантов. Имея в виду это обстоятельство, а также и то, что относ. распределительного устройства на 250 м от машинного здания приведет к резкому увеличению количества контрольно-измерительных и силовых кабелей и затруднит обслуживание и эксплуатацию подстанции — этот вариант может быть исключен из последующего сравнения.

При средней стоимости 1 м³ приведенного бетона в 350 руб. стоимость выполнения земляных, скальных и бетонных работ составит: по I варианту — 5 152 тыс. руб., по II — 1 550 тыс. руб., по III — 3 660 тыс. руб. и по IV — 5 550 тыс. руб.

Таким образом, компоновка подстанции по II варианту требует для своего осуществления меньших затрат на земельно-скальные работы, чем при остальных вариантах. Разность в стоимости по другим элементам сравнения: металлоконструкциям, контрольно-измерительным и силовым кабелям, ошиновке, изоляторам и др., будет невелика и в данном сравнении ею можно пренебречь.

Следует отметить, что варианты II, III и IV требуют сооружения грузового бремсберга или

подъездной дороги простейшего типа к верхним террасам. Однако это обстоятельство существенно не изменит соотношения в стоимости вариантов.

Приведенное сравнение показывает, что вариант II компоновки имеет значительные экономические преимущества, а в отношении близости к машинному зданию он идентичен остальным вариантам. Поэтому он и был выбран.

Принятый вариант компоновки имеет и некоторые недостатки. В связи с двухъярусным расположением аппаратуры подстанция недостаточна наглядна; размещение на двух террасах несколько затрудняет осмотры устройства эксплуатационным персоналом.

Но первый недостаток свойственен также вариантам I и частично III, а второй — III и IV. Поэтому эти недостатки не могли значительно повлиять на выбор типа компоновки.

Принятое решение представляет собой сочетание высокого типа распределительного устройства со ступенчатым его расположением. Такая компоновка нами условно именуется «комбинированным типом».

Применение «комбинированного типа» во многих случаях дает значительный экономический эффект и позволяет размещать повысительную подстанцию вблизи машинного здания гидро-станции.



К статье В. П. Поляковой и Б. Н. Ухина «О стандартизации схемы отбора и разделки проб угля на электростанциях»

В редакцию журнала поступили письма по статье В. П. Поляковой и Б. Н. Ухина «О стандартизации схемы отбора и разделки проб угля на электростанциях» («Электрические станции», 1952, № 12), в связи с чем считаем необходимым сделать следующее разъяснение.

Конструкция описанного в этой статье механического отборника проб угля была разработана проектным отделом Свердловэнерго в 1943 г. В основу этой конструкции был положен механический отборник проб угля Кизеловской грэс, предложенный в конце 1940 г. Я. З. Салиховым и В. П. Васильевым и введенный в эксплуатацию на электростанции в начале 1941 г. Принцип действия механического отборника проб предложен в конце 1939 г. работниками ВТИ Ю. Г. Васильевым и П. П. Елизаровым.

Редакция

Профилактические испытания изоляции электрических машин повышенным напряжением являются одним из важнейших мероприятий в деле повышения надежности работы электростанций.

Внедрение этих испытаний сократило число случаев пробоя изоляции во время работы. Однако в практике эксплуатации все еще имеют место повреждения изоляции, в ряде случаев сопровождающиеся значительными повреждениями стали и обмотки статора.

В публикуемых ниже статьях т. т. Козырева, Израелита и Калантарова, Файнштейна и Колина освещаются результаты работ некоторых энергосистем и научно-исследовательских учреждений по повышению эффективности профилактических испытаний и, в частности, по выбору необходимых величин испытательных напряжений.

Ряд выводов авторов нуждаются в более широкой экспериментальной проверке.

О выборе величин испытательных напряжений изоляции электрических машин

Инж. Н. А. Козырев

Электрическая прочность новой микалентной изоляции высока (средняя электрическая прочность в 5—8 раз превосходит рабочие линейные напряжения $U_{ном}$), однако в процессе эксплуатации и при укладке стержней (катушек) в сталь статора эта прочность значительно снижается.

Ухудшение состояния изоляции, сопровождающееся, как правило, понижением ее электрической прочности, или так называемые дефекты разделяются на две группы: общие (распределенные по всему или значительному объему изоляции) и местные (сосредоточенные). Местные дефекты развиваются значительно быстрее, чем общие, и поэтому представляют большую опасность.

Для выявления местных дефектов изоляции применяются главным образом испытания повышенным напряжением промышленной частоты и испытания выпрямленным напряжением с одновременным измерением токов утечки.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты является основным методом испытаний главной изоляции высоковольтных машин. Эксплуатационный опыт показал, что с ростом величин испытательных напряжений число выявленных дефектов растет, а аварийность машин падает.

На основании исследований советских электротехников и эксплуатационного опыта с 1950 г. в энергосистемах введено для профилактических испытаний главной изоляции напряжение $(1,3—1,5) U_{ном}$. Дальнейший эксплуатационный опыт подтвердил целесообразность перехода на это испытательное напряжение. Ряд работников энергосистем высказывается за его дальнейшее увеличение¹.

Однако дальнейшее повышение испытательного напряжения встречает ряд возражений. Эти возражения основываются главным образом на отсутствии обоснованных данных для выбора величин испытательных напряжений.

Хотя испытания выпрямленным напряжением применяются сравнительно недавно, по ним уже

накоплен некоторый эксплуатационный опыт. Специалисты, высказываясь за этот метод испытаний, расходятся в вопросе выбора величин испытательных напряжений. Однако все сходятся в том, что с ростом величин испытательных выпрямленных напряжений эффективность этого метода увеличивается. Применяемые в некоторых энергосистемах величины выпрямленного испытательного напряжения $2U_{ном}$ являются низкими и поэтому мало эффективными. Шагом вперед является введение в некоторых энергосистемах испытательного напряжения $2,5U_{ном}$.

Расхождения в мнениях о величинах испытательных напряжений и осторожность в переходе на более высокие их значения вызваны в значительной степени отсутствием данных об ухудшениях, вызываемых в состоянии изоляции испытаниями этого рода.

В работе, некоторые результаты которой излагаются в настоящей статье, сделана попытка обосновать выбор величин испытательных напряжений для главной изоляции высоковольтных электрических машин. Экспериментальная часть работы заключалась в определении электрической прочности повой и бывшей различной время в эксплуатации микалентной изоляции при действии переменного и выпрямленного напряжений и в установлении максимальных величин испытательного напряжения, не вызывающих ухудшения состояния изоляции.

Электрическая прочность изоляции на переменном и выпрямленном напряжении

Результаты испытаний по определению электрической прочности микалентной изоляции приведены в табл. 1*.

Все опыты производились при значительном числе испытаний образцов. Каждая точка на кривых и в таблицах определялась как среднее зна-

¹ См. «Электрические станции», 1948, № 2 и 5; 1950, № 10, 1952, № 7.

* В этой таблице и в дальнейшем, за исключением особо оговоренных случаев, пробивные напряжения даны в амплитудных значениях.

№ п/п	Род пробивного напряжения	Характер изоляции	Число измерений	Пробивное напряжение, кВ					Коэффициент запаса $k_{зап}$	Коэффициент упрочнения k_y			
				максимальное	среднее	минимальное	$\psi=50\%$	$\psi=20\%$		средний	минимальный	$\psi=50\%$	$\psi=20\%$
1	Переменное	6,6 кВ новая	72	103,5	74,3	46,8	72	46,8	8	1,73	1,81	1,78	2,2
2	Выпрямленное	То же	100	193,8	129	84,6	123	104	13,9	—	—	—	—
3	Переменное	6,6 кВ новая (двигатель)	20	95	79	54	68	65	8,5	—	—	—	—
4	"	6,6 кВ, бывшая в эксплуатации 26 тыс. час.	26	89,5	62,3	44	59,6	50,5	6,7	1,22	1,18	1,23	1,11
5	Выпрямленное	То же	15	92,5	75,8	51,6	76	56	8,2	—	—	—	—
6	Переменное	10,5 кВ новая	49	110	86,3	47,3	90	81	5,8	—	—	—	—
7	"	15,75 кВ новая	34	142	109	62,5	107	93	4,9	—	—	—	—
8	"	10,5 кВ, бывшая в эксплуатации 10 тыс. час.	21	134,5	86,7	43,8	88	64	5,9	1,43	1,2	1,4	1,22
9	"	пазовая часть	7	101	67,8	37	53	40	4,6	—	—	—	—
10	"	углы	35	134,5	83,8	37	86	56	5,7	—	—	—	—
11	Выпрямленное	все участки	14	211	124	52,5	123	78	8,4	—	—	—	—
12	"	пазовая часть	24	—	—	—	—	—	—	2,07	—	1,77	—
	"	10,5 кВ новая (катушки гидрогенератора)											

чение из 10—100 измерений. Результаты были обработаны статистическим методом. Определялись значения пробивных напряжений при различных вероятностях пробоя ($\psi = 50\%$ и $\psi = 20\%$). Под пробивным напряжением 50 или 20% вероятности понимается напряжение, при приложении которого происходит пробой 50 или 20% одинаковых образцов.

В таблице приведены также минимальное, максимальное и среднее значения пробивных напряжений, полученных при испытаниях. По средним значениям вычислен коэффициент запаса $k_{зап}$ — отношение амплитуды среднего пробивного напряжения к амплитуде номинального линейного напряжения машины. Как видно из таблицы, коэффициент запаса во всех случаях был не ниже 4,6 для напряжения промышленной частоты и не ниже 8,2 — для выпрямленного напряжения.

По величинам пробивных выпрямленного и переменного напряжений определены значения коэффициента упрочнения k_y — отношения пробивного выпрямленного напряжения к амплитудному значению пробивного переменного напряжения промышленной частоты.

Из данных табл. 1 следует, что k_y колеблется от 1,2 до 2,1 (для средних значений прочности изоляции); с увеличением времени нахождения изоляции в эксплуатации k_y уменьшается. Обработка опытных данных статистическим методом выявила некоторую тенденцию k_y к уменьшению для участков изоляции, имеющих пониженную

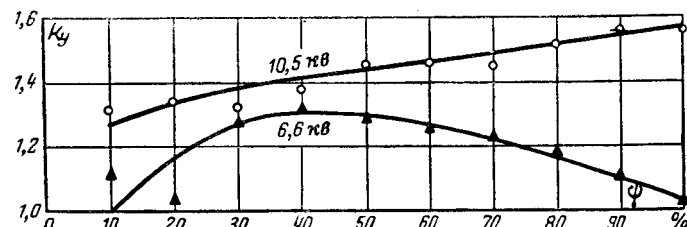


Рис. 1. Зависимость коэффициента упрочнения k_y от вероятности пробоя ψ для главной изоляции машин 6,6 кВ, бывшей в эксплуатации 26 тыс. час., и 10,5 кВ, бывшей в эксплуатации 10 тыс. час.

электрическую прочность, т. е. малые значения ψ (рис. 1).

Для уточнения изменения k_y для наиболее ослабленных участков (для $\psi = 10-20\%$) было проведено 17 опытов на 247 образцах с искусственно поврежденной изоляцией:

1) изоляция частично или полностью прокалывалась иглой, и перед испытаниями игла удалялась (непроводящий канал повреждения).

2) частично проколота изоляция испытывалась без удаления иглы (проводящий канал повреждения).

Результаты испытаний показаны на рис. 2. Из этих опытов видно, что с увеличением глубины повреждения k_y уменьшается, причем для изоляции, бывшей в эксплуатации, при сквозном

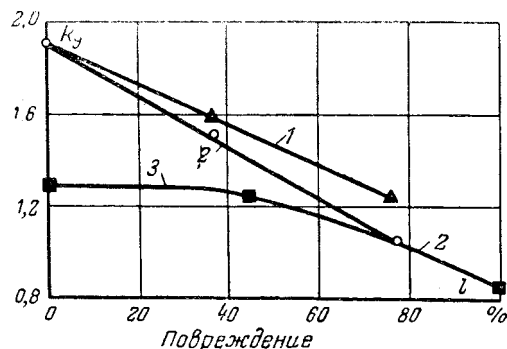


Рис. 2. Зависимость коэффициента упрочнения от глубины повреждения изоляции (в процентах толщины).

1 — новая изоляция (проводящий канал); 2 — новая изоляция (непроводящий канал); 3 — старая изоляция (непроводящий канал).

повреждению были получены значения k_y меньше единицы.

Из последних опытов следует, что выпрямленное напряжение лучше выявляет дефекты типа проколов; в то же время в неповрежденной изоляции электрическая прочность на выпрямленном напряжении значительно выше, чем на переменном.

Характер изоляции	Род испытательного напряжения	Характер старения	Число измерений	Время выдержки, мин	Напряжения, не вызывающие старения			
					амплитудное значение, кВ	эффективное значение, кВ	кратность к $U_{ном}$	% от среднего пробивного напряжения
Новая	Переменное	Обратимое	14	5	47	33,4	5,1	63,2
		То же	28	10	40	28,4	4,3	54,0
		Необратимое	11	10	45	32,0	4,9	60,5
		То же	15	30	40	28,4	4,3	54,0
Новая	Выпрямленное	Обратимое	5	30	105	105	11,3	81,5
		Необратимое	14	30	105	105	11,3	81,5
Бывшая в эксплуатации 26 000 час.	Переменное	Обратимое	19	10	42	29,8	4,5	68,0
		Обратимое	15	30	64,3	64,3	7	80,3
	Выпрямленное	Обратимое	15	30	64,3	64,3	7	80,3
		Необратимое	12	30	64,3	64,3	7	80,3

Определение безопасных величин испытательных напряжений

Безопасным испытательным напряжением назовем то наибольшее значение напряжения, которое за время испытаний не вызывает в изоляции никаких ухудшений.

Напряжение U при некоторой длительности действия τ вызывает в изоляции изменения, снижающие ее электрическую прочность, если пробой производить сразу после старения электрическим полем. При некоторой величине напряжения старения U_0 и длительности старения τ_0 , если после снятия напряжения изоляции дать «отдых» в течение нескольких часов, а затем производить испытания на пробой, снижения электрической прочности не наблюдается. Назовем такое старение «обратимым».

При некотором напряжении старения U_k и времени τ_k в изоляции происходят ухудшения, снижающие ее электрическую прочность и после «отдыха» (назовем старение такого рода «необратимым»).

Всего было проведено 15 опытов по «обратимому» и «необратимому» старению, при которых испытано 166 образцов микалентной изоляции на 6,6 кВ. Результаты испытаний приведены в табл. 2 и на рис. 3, из которых следует, что безопасное испытательное напряжение промышленной частоты для новой изоляции будет выше $5 U_{ном}$, и для изоляции, бывшей в эксплуатации, — выше $4,5 U_{ном}$, а соответствующие значения выпрямленного напряжения — $11 U_{ном}$ и $7 U_{ном}$. Следует отметить, что полученные здесь величины безопасных испытательных напряжений не вызывают снижения электрической прочности изоляции при $\phi \geq 50\%$ (т. е. для участков изоляции, имеющих прочность среднюю или выше средней).

Приведенные в табл. 2 значения напряжений не вызывают старения при действии их на изоляцию в течение соответствующего времени.

В действительности величины безопасных испытательных напряжений будут выше приведен-

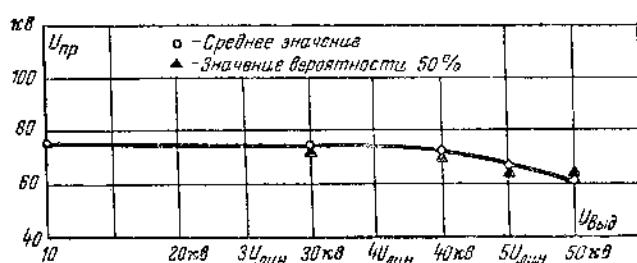


Рис. 3. Зависимость пробивного напряжения промышленной частоты от напряжения выдержки в течение 10 мин. для новой изоляции 6,6 кВ.

ных в табл. 2, так как испытания производятся в течение 1 мин., а в таблице соответствующие напряжения определены при времени действия 5–30 мин.

Выводы

1. Испытательные напряжения промышленной частоты, равные (3–3,5) $U_{ном}$, не вызывают снижения средней электрической прочности новой и бывшей в эксплуатации (до 26 000 час.) изоляции и могут считаться безопасными.

2. Применяемые на заводах-изготовителях и в энергосистемах испытательные напряжения промышленной частоты являются заниженными и потому недостаточно эффективными. Эти напряжения желательно повысить: для новой изоляции — до $3 U_{ном}$, а для бывшей в эксплуатации — до $2 U_{ном}$.

3. Выпрямленное напряжение лучше выявляет некоторые виды дефектов (проколы изоляции, трещины и др.), чем переменное.

4. Выпрямленные испытательные напряжения $11 U_{ном}$ для новой изоляции и $7 U_{ном}$ для бывшей в эксплуатации (до 26 000 час.) не являются опасными.

5. Испытательные напряжения этого рода в профилактике желательно повысить до (3–3,5) $U_{ном}$, что значительно увеличит эффективность испытаний.

6. Желательно ввести испытания выпрямленным напряжением для новых машин на заводах-изготовителях. Испытания следует вводить постепенно, начиная с машин, изоляция которых при укладке в статор подвергается значительным механическим нагрузкам. Величина испытательного напряжения в этом случае до накопления опыта может быть принята равной $(3-3,5) U_{ном}$.

7. Повышение в профилактике испытательных напряжений (как переменного, так и выпрямлен-

ного) следует производить постепенно (не для всех машин сразу) во избежание массового выхода машин в ремонт.

8. Необходимо продолжить работу по исследованию главной изоляции высоковольтных машин в направлении исследования электрической прочности изоляции, бывшей в эксплуатации 80-100 тыс. час. и более, и выяснения причин большого разброса пробивных напряжений новой изоляции.



Профилактические испытания изоляции электрических машин повышенным напряжением

Инж. Г. Б. Израелит и инж. А. В. Калантаров

Испытание изоляции обмоток статоров крупных электрических машин (генераторов, синхронных компенсаторов) в одной энергосистеме было начато с 1932 г. До начала 1946 г. оно включало в себя испытание повышенным напряжением переменного тока, равным линейному напряжению машины, с одновременным измерением угла диэлектрических потерь. За этот период не было ни одного случая пробоя изоляции при профилактических испытаниях, хотя в эксплуатации аварии по причине повреждения главной изоляции на машинах, проходивших указанные испытания, продолжались. Практика применения испытательного напряжения, равного величине линейного напряжения переменного тока, таким образом, показала, что эта величина недостаточна для обеспечения надежной работы изоляции машин в эксплуатации.

С целью повышения эффективности испытаний главной изоляции генераторов и синхронных компенсаторов в 1946 г. к испытанию изоляции линейным напряжением переменного тока было добавлено испытание выпрямленным напряжением, равным двойному линейному напряжению машины. В отдельных случаях, особенно вначале, величина испытательного напряжения бралась равной $1,5 U_{ном}$.

За два года была проверена главная изоляция на 29 машинах и выявлен ряд дефектных мест; все дефекты были обнаружены при испытании изоляции на выпрямленном напряжении, так как испытательное напряжение переменного тока продолжало оставаться низким, равным $U_{ном}$.

С 1948 г. в соответствии с решением Технического отдела Министерства № 73/Э за 1948 г. было осуществлено повышение испытательных напряжений переменного тока до величины $(1,1-1,3) U_{ном}$.

Одновременно применялось испытание выпрямленным напряжением. В результате было выявлено значительное количество слабых мест главной изоляции генераторов и синхронных компенсаторов и тем самым значительно снижена их аварийность. За этот период было испытано 49 машин, причем на восьми машинах вначале прикладывалось выпрямленное напряжение, а за-

тем напряжение переменного тока, а на 41 машине был установлен обратный порядок испытаний. За весь период производства испытаний (около двух лет) было 10 случаев пробоя изоляции обмоток статоров генераторов и синхронных компенсаторов и в одном случае выявлен дефект без пробоя изоляции по асимметрии тока утечки.

Ниже дается описание некоторых случаев выявления дефектов изоляции при испытаниях на разных машинах.

1. При испытании напряжением переменного тока изоляции обмоток статора синхронного компенсатора завода «Электросила» 5 000 ква, 6,6 кВ перед началом капитального ремонта при 45°С произошел пробой изоляции одной из фаз при напряжении $1,06 U_{ном}$. Изоляция двух других фаз испытательное напряжение $1,3 U_{ном}$ выдержали. Место пробоя находилось в пазовой части стержня у вентиляционного канала, где изоляция имела поверхностное повреждение. За год до этого компенсатор испытывался напряжением переменного тока, равным линейному напряжению машины; при этом испытании дефектов в изоляции обнаружено не было.

2. Гидрогенератор завода «Электросила» 8 750 ква, 11 кВ проходил профилактическое испытание главной изоляции сразу после остановки его на капитальный ремонт в нагретом состоянии до чистки. Пофазное измерение угла диэлектрических потерь, снятие кривых абсорбции не дали указаний на дефектность изоляции ни для одной фазы как при сравнении между собой, так и при сравнении с данными предыдущих испытаний. Однако при испытании напряжением переменного тока изоляция всех трех фаз была пробита: у двух фаз при напряжении $1,3 U_{ном}$ равном 14,3 кВ через 10-15 сек. после установления напряжения, и у третьей фазы — при 14 кВ при подъеме напряжения. Места пробоев на всех трех фазах оказались в нижних соединительных перемычках лобовых частей, которые вследствие оседания всей лобовой части обмотки оказались прижатыми к нижним крышкам и фундаментному кольцу машины. Изоляция перемычек выполнена ослабленной по сравнению с изоляцией всей обмотки,

так как перемычки нормально работают в воздухе, не соприкасаясь с заземленными частями.

3. Гидрогенератор завода «Электросила» 30 000 *кв*а, 10,5 *кв* подвергался профилактическим испытаниям главной изоляции сразу после остановки на капитальный ремонт при 64° С. Измерение угла диэлектрических потерь и снятие абсорбционных кривых мегомметром не дали указаний на дефектность изоляции.

При испытании напряжением переменного тока изоляция одной из фаз пробилась при напряжении 1,06 $U_{ном}$, равном 11,2 *кв*. Оказалось, что изоляция в пазовой части у второго вентиляционного канала имела прорезь до меди по всему узкому ребру стержня.

4. Генератор фирмы АЕГ 16 700 *кв*а, 6,2/6,4 *кв* проходил испытание главной изоляции после капитального ремонта в нагретом состоянии в полном объеме, так как перед капитальным ремонтом эти испытания произведены не были. При испытании выпрямленным напряжением 12 *кв* величина тока утечки для всех трех фаз была примерно одинаковой и не превышала 50 *мк*а при 50° С. При испытании напряжением переменного тока 1,3 $U_{ном}$, равным 8,2 *кв*, произошел пробой изоляции одной из фаз в середине паза. Изоляция двух других фаз испытание выдержала.

5. Синхронный компенсатор завода «Электросила» 5 000 *кв*а, 6,6 *кв* был испытан сразу после остановки на капитальный ремонт. Измерение сопротивления изоляции мегомметром и испытание напряжением переменного тока 1,3 $U_{ном}$, равным 8,6 *кв*, с одновременным измерением угла диэлектрических потерь и емкости не выявили дефектов в изоляции. При испытании напряжением постоянного тока, равным 12 *кв*, произошли пробой изоляции в лобовых частях с разрядом по поверхности на двух фазах на расстоянии 100 ÷ 150 *мм* от края статора. Путь разряда по поверхности лобовых частей проходил по слою медно-графитовой пыли, образовавшейся от сильного срабатывания медно-графитовых щеток и частичного колец ротора.

Результаты профилактических испытаний за двухлетний период 1948—1950 гг. показывают, что повышение испытательного напряжения переменного тока с величины, равной номинальному линейному напряжению машины, до (1,1—1,3) $U_{ном}$, а также продолжение испытаний выпрямленным напряжением, равным 2 $U_{ном}$, являлось правильным и необходимым. Изменение порядка приложения испытательных напряжений переменного и постоянного тока дало возможность установить, что ни одно из этих испытаний не выявляет всех дефектов, так как были случаи пробоя на постоянном токе после испытания переменным током и наоборот.

Характерной особенностью этого периода испытаний является и то, что все пробой в лобовых частях обмотки, удаленных от заземленных частей, произошли при испытании изоляции постоянным током, а пробой пазовой изоляции, а также и лобовой по выходе из паза, — на переменном токе. Это объясняется тем, что при испытаниях переменным напряжением имеется значительное падение напряжения вдоль поверхности изоляции в лобовой части, вызванное емкостными токами,

пути которых к стали статора и другим заземленным частям проходят по этой поверхности; вследствие этого невелико напряжение между токоведущим стержнем и поверхностью изоляции в точках, достаточно удаленных от заземленных частей.

При испытаниях выпрямительным напряжением емкостные токи отсутствуют, и напряжение между токоведущим стержнем и поверхностью изоляции в лобовой части остается достаточно высоким, чтобы вызвать пробой дефектного места в точках, удаленных от заземленных частей.

При загрязнении поверхности изоляции поверхностное сопротивление ее снижается и вследствие этого увеличиваются напряжения между поверхностью изоляции и токоведущим стержнем при испытаниях как на выпрямленном, так и в особенности на переменном напряжении. Так как при нормальной работе имеет место загрязнение, то и испытания изоляции машин следует производить в условиях, наиболее приближающихся к эксплуатационным, что совершенно правильно предписывает противоаварийный циркуляр № 5/Э Технического управления Министерства (декабрь 1950 г.).

С середины 1950 г. по настоящее время в Ленэнерго осуществляется дальнейший переход на более высокие испытательные напряжения переменного тока до величины (1,3—1,5) $U_{ном}$ в соответствии с директивными указаниями Технического управления Министерства. Одновременно применяются также испытания выпрямленным напряжением.

За время около года были произведены испытания изоляции 45 генераторов и синхронных компенсаторов, при которых имели место семь случаев пробоя изоляции и два случая отбраковки изоляции машин по увеличенному значению тока утечки без пробоя изоляции. За этот период наибольший интерес представляют следующие случаи:

1. Гидрогенератор завода «Электросила» 8 750 *кв*а, 11 *кв* проходил испытание изоляции перед капитальным ремонтом. Во время испытания на переменном токе произошел пробой изоляции одной из фаз в лобовой части катушки на заземленное фундаментное кольцо при полном испытательном напряжении 1,5 $U_{ном}$, равном 16,5 *кв*, с разрядом по поверхности длиной около 70 *мм*. Испытание изоляции повышенным выпрямленным напряжением, произведенное перед испытанием переменным током, не дало указаний на дефектность изоляции.

2. Примером выявления дефекта в изоляции без ее пробоя является случай, имевший место при испытании гидрогенератора завода «Электросила» 1 250 *кв*а, 2,2 *кв*. При испытании выпрямленным напряжением на одной из фаз было обнаружено возрастание тока утечки в 2,5 раза по сравнению с результатами прошлогодних измерений и увеличенное значение тока утечки по сравнению с двумя другими фазами. Было обнаружено разрушение из-за попадания масла изоляции вывода фазы, выполненной из лакоткани и прилегавшей к стали.

Особенностью этого последнего периода испытаний по сравнению с предыдущим является то,

что один из пробоев изоляции в лобовой части с разрядом по поверхности произошел при испытании изоляции переменным током.

Таким образом, испытательное выпрямленное напряжение $2U_{ном}$ оказывается недостаточным для выявления некоторых дефектов в лобовых частях, выявляющихся при науряжении переменного тока, которое стало по амплитуде выше, чем оставленное без изменения испытательное выпрямленное напряжение. Его следует увеличить до $2,5U_{ном}$.

Анализ аварий генераторов и компенсаторов в энергосистеме за 1945—1951 гг. по причине повреждений изоляции обмоток статоров показывает, что из общего числа девяти аварий только две имели место на машинах с компаундированной изоляцией (нового выпуска) и семь аварий — на машинах с гильзовой изоляцией (старого выпуска).

Число аварий из-за пробоя главной изоляции резко падает (одна авария вместо пяти) при переходе на испытательные напряжения: $(1,1—1,3)U_{ном}$ вместо $U_{ном}$ переменного тока и $2,0U_{ном}$ вместо $(1,5—2)U_{ном}$ выпрямленного напряжения. Последний год эксплуатации генераторов и синхронных компенсаторов, прошедших испытание главной

изоляции напряжением $(1,3—1,5)U_{ном}$ переменного тока и $2U_{ном}$ выпрямленным напряжением, не дал ни одного случая повреждения генераторов и синхронных компенсаторов по причине пробоя изоляции.

Выводы

1. Переход на испытательные напряжения, равные $(1,3—1,5)U_{ном}$ переменного тока и $2U_{ном}$ выпрямленного напряжения, оказался эффективным. Было выявлено большое число дефектов при профилактических испытаниях и снизилась аварийность в эксплуатации генераторов и синхронных компенсаторов из-за пробоя главной изоляции.

2. Наряду с испытанием главной изоляции генераторов и синхронных компенсаторов повышенным напряжением переменного тока необходимо проводить испытания выпрямленным напряжением. С повышением испытательного напряжения переменного тока до $(1,3—1,5)U_{ном}$ следует повысить и испытательное выпрямленное напряжение до $2,5U_{ном}$.

3. Подтверждается необходимость проведения профилактических испытаний изоляции машин в самом начале капитального ремонта при эксплуатации их загрязнении.



Профилактические испытания изоляции статорных обмоток генераторов

Канд. техн. наук Э. Г. Файнштейн

Борьба за повышение надежности работы электрических машин находит отражение в стремлении повысить эффективность профилактических испытаний изоляции генераторов. За последние годы в результате улучшения качества планово-предупредительных ремонтов и других мероприятий было достигнуто существенное повышение надежности работы генераторов. Несомненно, что повышение величины испытательного напряжения с $U_{ном}$ до $1,3—1,5U_{ном}$ дало положительный результат в этом направлении. Дальнейшее повышение эффективности профилактики в настоящее время достигается не только за счет увеличения величин испытательного напряжения, но и уточнением методики и порядка испытания.

Предписанный Техническим управлением Министерства порядок, согласно которому испытания изоляции следует производить до чистки и обдувки обмоток, позволяет более уверенно определить местные повреждения изоляции обмоток, своевременно найти и устранить дефекты. Установлено, что поверхностное увлажнение изоляции, не имеющей дефектов, практически не снижает ее электрической прочности. Поэтому следует признавать весьма целесообразным испытывать изоляцию до сушки.

Однако этим не исчерпываются возможности повышения эффективности профилактических ис-

пытаний. Используя опыт, накопленный энергосистемами, можно наметить пути дальнейшего улучшения методики профилактики.

Исследования, проведенные в энергосистемах, показывают, что электрическая прочность изоляции генераторов, находящихся в эксплуатации, значительно выше уровня применяемых испытательных напряжений. Опыты показывают, что даже частично поврежденная изоляция может безболезненно выдерживать одноминутное приложение напряжения величиной $\approx 2U_{ном}$.

К примерам, приведенным в статье И. А. Сыромятникова¹, можно добавить результаты наших опытов, проведенных на стержнях генератора завода «Электросила» 15 600 ква, 6,6 кВ и 27 500 ква, 10,5 кВ с компаундированной изоляцией и др., проработавших более 8—10 лет и вынутых из машины при ремонте. Испытания показали, что одноминутное приложение переменного напряжения до $4,5U_{ном}$ не вызывает пробоя или каких-либо остаточных изменений, регистрируемых по изменению $\lg \delta$, сопротивления изоляции, кривым саморазряда и другими характеристиками.

¹ И. А. Сыромятников, Об испытании электрических машин повышенным напряжением, «Электрические станции», 1952, № 7.

Даже при несквозных повреждениях изоляции, до $\frac{3}{4}$ ее толщины, пробивное напряжение не снижается ниже $2 U_{ном}$. Поэтому в эксплуатации вполне возможно наличие повреждений изоляции генератора, электрическая прочность которой выше уровня испытательного напряжения, но скорость снижения ее под действием механических вибраций и изменений температуры такова, что возможен пробой в период между капитальными ремонтами. Этим можно объяснить имеющиеся факты пробоа изоляции генераторов, испытанных напряжениями $1,3 - 1,7 U_{ном}$. В одной энергосистеме за два года эксплуатации было три таких случая, причем в двух случаях генераторы при капитальном ремонте были испытаны напряжением $1,7 U_{ном}$.

Недостатки профилактики изоляции генераторов только испытанием приложенным напряжением переменного тока побуждает энергосистемы расширять ее объем за счет испытаний, не предусмотренных действующими указаниями. Как известно, в практике испытаний применяются измерение токов утечки, снятие вольтамперной характеристики кривых саморазряда, измерение интенсивности частичных разрядов и др. Все они имеют своей целью измерение параметров и характеристик изоляции.

Необходимо отметить, что отсутствие утвержденных норм отбраковки и единой методики проведения этих испытаний приводит в ряде случаев к снижению эффективности профилактики, к неверным решениям и создает затруднения в эксплуатации.

Известны случаи, когда из-за ухудшения характеристик изоляции принимались решения испытывать ее напряжением ниже нормированной величины, так как опасались «пробить генератор», т. е. вместо того, чтобы обнаружить дефектное место и отремонтировать его, продолжали эксплуатировать заведомо негодную изоляцию.

С другой стороны, заключение о негодности изоляции, выдержавшей испытания повышенным напряжением, но забракованной из-за низких значений ее сопротивления или больших значений угла потерь, ставят в весьма затруднительное положение эксплуатационный персонал. В этих случаях забывают, что окончательной целью испытаний является либо установление отсутствия дефектов в изоляции, могущих вызвать ее повреждение в промежутке между ремонтами, либо точное указание на место дефекта (даже общее старение изоляции проявляется большим или меньшим числом местных дефектов).

В настоящее время отсутствуют методы, с помощью которых можно было бы найти место ослабления изоляции без ее разрушения — пробоя. «Неразрушающие» методы испытаний могут дать только указание на факт наличия дефекта, иногда на характер его, но не более. Чтобы отремонтировать изоляцию генератора, ее, как правило, нужно предварительно пробить.

«Неразрушающие» методы испытаний должны стать и, как показывает опыт, становятся полезным дополнением к испытанию изоляции повышенным напряжением. Однако не все они имеют одинаковую ценность.

Весьма чувствительны к местным дефектам изоляции со следами проводимости методы снятия кривых саморазряда и измерения токов утечки при приложении выпрямленного напряжения достаточно большой величины.

Примеры обнаружения дефектов по возрастанию тока утечки описаны в литературе².

Подтверждением эффективности метода снятия кривых саморазряда для определения местных дефектов дают опыты, проведенные на генераторе 15 600 кВА, 6,3 кВ в течение двух лет. Измерения скорости саморазряда, проведенные в мае 1950 г. при $26,5^\circ \text{C}$, показали, что через 30 сек. после начала саморазряда напряжение на фазе А снижалось до 44,1% от начальной величины, на фазе В — до 82,7%, на фазе С — до 41,4%. Изоляция фазы А была пробита напряжением 9,45 кВ_{эфф} на выходе стержня из фазы. Причина пробоя — трещина в изоляции. Остальные фазы испытание напряжением $1,5 U_{ном} = 9,45 \text{ кВ}_{эфф}$ выдержали. Пробитый стержень фазы А был заменен. При подъеме напряжения до $1,7 U_{ном}$ был пробит стержень фазы В в месте выхода в вентиляционный канал. Изоляция фаз А и С испытание этим напряжением выдержала.

После остановки генератора в ремонт в июне 1952 г. изоляция была испытана напряжением $1,7 U_{ном}$ и выдержала испытание. Измерения скорости саморазряда, проведенные при 56°C , показали, что через 20 сек. после начала саморазряда напряжение на фазе А снижается до 30,6% от начальной величины, на фазе В — до 82%; на фазе С саморазряд практически закончился через 5 сек.

Через четверо суток эксплуатации генератора после капитального ремонта при кратковременном замыкании в сети была пробита изоляция фазы А в месте выхода из паза.

Генератор была остановлен для проведения испытаний. Изоляция двух фаз и оставшаяся неповрежденной часть фазы А выдержали испытательное напряжение. Поврежденный стержень фазы А был отремонтирован наложением изоляции в месте пробоя.

В целях предупреждения развития дефектов изоляция фазы С была испытана выпрямленным напряжением 24 кВ_{ном}, при котором она пробилась на расстоянии 40–50 мм от активной стали генератора.

Повидимому, если бы аналогичная операция была проведена при капитальном ремонте, были бы выявлены и отремонтированы дефектные места и не было бы пробоев генератора в эксплуатации.

Снижение абсолютных значений различных характеристик часто указывает на дефект в изоляции, однако основным показателем дефектности изоляции все же следует считать разницу в фазных параметрах. Если сопротивление изоляции, коэффициент абсорбции, время саморазряда, токи утечки, измеренные у разных фаз, значительно отличаются между собой, то в изоляции имеются местные дефекты³. Аналогичным пока-

² См. «Электрические станции», 1951, № 12.

³ Л. Г. Мамиконянц, Профилактические испытания синхронных генераторов, «Электрические станции», 1952, № 7.

зателем наличия местных дефектов является не пропорциональное напряжению возрастание тока утечки при приложении выпрямленного напряжения.

Ориентировочно в качестве первого приближения можно принять, что несимметрия в показателях по фазам в 30% свидетельствует о дефектах в изоляции. Более точное значение норм отбраковки может быть установлено только на основе анализа массового опыта испытаний и эксплуатации генераторов.

Если генератор выдержит испытания нормированным повышенным напряжением переменного тока, но будет забракован по указанным признакам, перед испытателем встанет задача определения места дефекта.

Это возможно сделать, только повысив испытательное напряжение до величины, обеспечивающей пробой дефектного места. Дальнейшие испытания желательно вести выпрямленным напряжением, при приложении которого не требуется мощной испытательной аппаратуры. В качестве предельной величины этого напряжения следует принять напряжение, применяемое для испытаний стержней, заложенных в пазы при ремонтах со сменой обмотки, умноженное на коэффициент упрочнения⁴.

Такая методика проведения испытания связана с некоторым риском повреждения изоляции, которая могла бы проработать до следующего капитального ремонта без аварии. Этот риск, однако, очень невелик, так как электрическая прочность нормальной изоляции работающих машин значительно превышает предлагаемое предельное напряжение. По данным Ленэнерго, для машин 6 кв она составляет 45 кв, по нашим данным—50 кв *минс*.

Предлагаемую методику испытаний следует применять в первую очередь для гидрогенераторов, переводимых на удлиненную межремонтную кампанию, и для турбогенераторов при планово-предупредительных ремонтах, связанных с выемкой ротора, когда обеспечены облегченные условия для ремонта статорной обмотки.

В худшем случае затраты при повреждении изоляции во время планово-предупредительного ремонта выражаются лишь в стоимости ремонта,

⁴ Опыты Узбекэнерго дают $\frac{U_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} = 1,6 \div 2,7$; по литературным данным: коэффициент упрочнения больше $\sqrt{2}$ (ЦНИЭЛ) и $1,9 \div 2,3$ (Ленэнерго).

связанного с заменой стержня или секции при малом объеме повреждения. В то же время аварийное повреждение вызывает недоотпуск электроэнергии потребителю, более значительный объем повреждений иногда с таким выгоранием стали статора, что требуется перешихтовка, и т. п.

Несомненно, что в первом случае подготовка к ремонту будет проведена заранее и тем самым будут обеспечены более короткие сроки его проведения и отсутствие повреждений стали статора.

Наиболее подвержена разрушению изоляция верхних стержней. Так, в энергосистеме с 1944 г. не зарегистрировано ни одного случая повреждения изоляции нижнего стержня. Это обстоятельство значительно упрощает производство ремонта.

При ремонте обмотки гидрогенераторов нет необходимости в выемке ротора, достаточно ограничиться выемкой одного-двух полюсов. Применяемый в последнее время способ ремонта, заключающийся только в переизолировке поврежденной стороны секции, позволяет ограничиться выводом только этой стороны из пазы без подъема секций на шаг обмотки.

В энергосистеме применяется также способ ремонта, заключающийся в разрезании поврежденной секции в лобовых частях и замене только поврежденной половины.

Все эти способы ускоряют проведение ремонта.

Профилактика изоляции не может стать полноценной за счет совершенствования только методики испытания изоляции. Скорость развития дефектов в изоляции в сильной степени зависит от общего состояния агрегата. Ослабление крепления лобовых частей, обрыв бандажей из шпакля, выпадение распорок, ослабление прессовки активной стали, ослабление зубцовых жестей, интенсивное замасливание обмотки, разрушение паяк и т. п. могут создать условия, в которых испытанная при капитальных ремонтах изоляция будет интенсивно разрушаться при эксплуатации машины. Скорость разрушения может быть настолько большой, что изоляция разрушится в интервале между ремонтами.

Поэтому для обеспечения надежной работы изоляции необходим полный анализ результатов осмотров и испытаний генератора и устранение в процессе ремонта всех выявленных дефектов.



Применение выпрямленного напряжения при испытаниях изоляции генераторов

Инж. Я. С. Колин

Десятилетний опыт широкого применения в энергосистеме выпрямленного напряжения с измерением токов утечки позволяет оценить роль и место этого метода в системе профилактических испытаний изоляции статорных обмоток генераторов.

Испытания изоляции статоров генераторов производятся, как правило, в первые же часы после их остановки для капитального ремонта, при горячем состоянии обмоток (при температурах, близких к рабочим) и до очистки их от эксплуатационного загрязнения.

Испытаниям предшествует измерение сопротивления изоляции мегомметром и снятие кривых абсорбции (мегомсекундных характеристик).

Измерение тангенса угла диэлектрических потерь и испытание повышенным напряжением переменного тока производятся после приложения выпрямленного напряжения. Величина применяемого выпрямленного напряжения равна $1,4 U_{ном}$ генератора.

Испытывается каждая фаза обмотки или ветвь по отношению к корпусу и заземленным остальным фазам или ветвям.

При приложении выпрямленного напряжения измеряются микроамперметром токи утечки и устанавливаются характер зависимости токов утечки от величины приложенного напряжения (вольтамперная характеристика) и характер спада токов во времени (путем отсчетов через 15 и 60 сек.).

Полученные данные сравниваются с результатами предыдущих измерений и с результатами измерений изоляции в остальных фазах или ветвях испытуемого объекта.

Непропорциональное напряжению возрастание токов утечки, толчки или несимметрия токов по отдельным фазам или ветвям обмотки сигнализируют о возможных ненормальностях в изоляции.

В отдельных случаях происходит пробой изоляции уже при подъеме выпрямленного напряжения, в большинстве же случаев требуется приложить повышенное напряжение переменного тока, чтобы определить состояние изоляции обмотки.

Анализ данных предыдущих испытаний и измерений и условия эксплуатации машины обычно помогают выяснению причин несимметрии или увеличению токов утечки.

Целесообразность применения выпрямленного напряжения в сочетании с другими видами испытаний отмечалась автором ранее¹.

Ниже приводятся случаи пробоя изоляции при наличии несимметричных и повышенных токов утечки.

1. Генератор 25 тыс. кВт, 10,5 кВ проработал 56 тыс. час. Обмотка статора имеет непрерывную компаундированную изоляцию. При профилактических испытаниях измерение сопротивления изоляции показало удовлетворительные результаты: для каждой из фаз $R_{60} = 1500 \text{ мгом} \frac{R_{60}}{R_{15}} = 2,15$ при 34°C . Изоляция отдельных фаз испытывалась выпрямленным напряжением с подъемом его до 14 кВ.

При напряжении 7 кВ у фазы А стал заметен непропорциональный рост тока утечки, последний при напряжении 14 кВ был больше 75 мкА, у остальных фаз токи утечки при этом напряжении были равны 26 и 24 мкА.

При испытании фазы А повышенным переменным напряжением изоляция ее была пробита на 40-й сек. при 13,6 кВ эфф ($1,3 U_{ном}$). Место пробоя изоляции, обнаруженное путем прожигания, оказалось на ребре нижнего стержня по выходе его из паза со стороны турбины, на 14% длины об-

мотки, считая от вывода. Исключение дефектного стержня из схемы обмотки ликвидировало несимметрию токов утечки по фазам. После восстановительного ремонта изоляция обмотки выдержала испытательное напряжение—13,6 кВ эфф ($1,3 U_{ном}$).

2. У другого генератора 25 тыс. кВт, 10,5 кВ, проработавшего 126 тыс. час., результаты измерения сопротивления изоляции статорной обмотки были удовлетворительными.

Токи утечки у фазы С, начиная с 4 кВ, начали возрастать непропорционально напряжению, показав несимметрию по фазам, а при 11 кВ выпрямленного напряжения наступил пробой изоляции. Можно предположить, что и при приложении повышенного переменного напряжения был бы получен тот же результат.

После удаления и замены пробитого верхнего стержня токи утечки уже не показывали несимметрии по фазам и изоляция обмотки выдержала приложенное повышенное напряжение переменного тока — $1,3 U_{ном}$.

Известны также случаи, когда изоляция с повышенными токами утечки выдерживала испытания повышенным напряжением и не имела пробоев при дальнейшей эксплуатации.

Ниже приводятся данные о четырех генераторах, у которых изоляция отдельных фаз обмотки статора с несимметричными и повышенными токами утечки выдерживала испытательное напряжение переменного тока до $1,5 \div 1,6 U_{ном}$.

1. Генератор 24 тыс. кВт, 10,5 кВ с гильзовой изоляцией проработал 130 тыс. час. Сопротивление изоляции (R_{60}), замеренное при 56°C , составляло 800 мгом для фаз А и В и 430 мгом для фазы С; величины $\frac{R_{60}}{R_{15}}$ были равны соответственно 2,65 и 2,38. Токи утечки при 15 кВ составляли: у фаз А и В — 26 и 31 мкА, у фазы С — 120 мкА. При испытаниях переменным напряжением величиной $1,5 U_{ном}$ на 8-й сек. была пробита изоляция фазы В; фаза А и фаза С (имевшая повышенный ток утечки) испытания выдержали, равно как и повторные испытания, проведенные через 9 мес.

2. Генератор 25 тыс. кВт, 10,5 кВ с непрерывной компаундированной изоляцией проработал 88 тыс. час.

Измерение сопротивления изоляции, произведенное при 39°C , показало полную симметрию по фазам: для каждой из фаз $R_{60} = 500 \text{ мгом}$, $\frac{R_{60}}{R_{15}} = 2,5$. Токи утечки у фаз А и В при 14 кВ составляли 22 и 25 мкА, у фазы С — 200 мкА. Изоляция всех фаз выдержала испытания переменным напряжением величиной $1,5 U_{ном}$.

3. Генератор 25 тыс. кВт с непрерывной компаундированной изоляцией проработал 76 тыс. час. За 2 года до испытаний статор был перемотан с использованием долго хранившихся стержней, полученных из разных мест.

Сопротивление изоляции, замеренное при $42 \div 45^\circ \text{C}$, имело значения $290 \div 320 \text{ мгом}$ (для разных фаз), величина $\frac{R_{60}}{R_{15}} = 1,77 \div 2$. Токи

утечки при 10 кВ у фаз В и С составляли 23 и 25 мкА, у фазы А — 62 мкА. Изоляция выдерживала испытания переменным напряжением вели-

¹ Я. С. Колин, Эффективные методы профилактических испытаний генераторов, «Электрические станции», 1949, № 1.

чиной $1,5 \div 1,6 U_{ном}$, производившиеся 3 раза с интервалом в $10 \div 12$ мес.

4. Генератор 50 тыс. кВт, 10,5 кВ с непрерывной компаундированной изоляцией проработал в общей сложности 49 тыс. час. Генератор в течение 3 лет хранился в демонтированном состоянии в неудовлетворительных условиях.

Измерения сопротивления изоляции, произведенные при последующей эксплуатации при $28 \div 35^\circ \text{C}$, показали, что у ветвей обмотки A_1 и B_2 величины R_{60} равны соответственно 500 и 1 000 мгом, $\frac{R_{60}}{R_{15}} = 1,66$ и 2,2; у остальных четырех ветвей об-

мотки $R_{60} = 1\,300 \div 1\,500$ мгом, $\frac{R_{60}}{R_{15}} = 2,5 \div 3$.

Токи утечки при 14 кВ составляют: для ветви A_1 —54 мка, для ветви B_2 —более 75 мка, для остальных четырех ветвей—11–16 мка. Токи утечки начали возрастать через 3 мес. после повторного ввода генератора в эксплуатацию; изоляция испытана переменным напряжением величиной $1,3 U_{ном}$ и испытания выдержала.

Следует отметить, что у генератора 25 тыс. кВт, проработавшего 88 тыс. час. в нормальных эксплуатационных условиях (п. 2), был выявлен стержень обмотки с большим током утечки. При осмотре вынуженого стержня обнаружено, что из-за некачественного заводского изготовления изоляция недостаточно пропитана компаундом в месте выхода стержня из паза и имеет расслоение слюды.

У других генераторов стержни с большими токами утечки оставлены в обмотке, и машины продолжают работать.

Кривые зависимости токов утечки от приложенного выпрямленного напряжения в изоляции обмоток, выдержавших испытания, имеют тот же характер, что и у обмоток, изоляция которых пробивалась при дальнейших испытаниях.

В энергосистеме длительное время работает без аварий несколько мощных генераторов с несимметричными повышенными токами утечки в изоляции отдельных фаз статорных обмоток, выдержавших повышенное испытательное напряжение переменного тока.

Некоторые электростанции выполняют специальные работы по отысканию стержней с ненормальным током утечки путем распайки и последовательного деления обмотки на части.

Это не всегда целесообразно, так как изъятие и замена подозрительных нижних стержней невозможны без предварительного подъема целого шага верхних стержней; часть этих стержней, вынутых из пазов, не может быть повторно использована, так как у них нарушается изоляция и не все вынутые стержни выдерживают требуемое испытательное напряжение.

Следует учесть, что изоляция каждой фазы обмотки статора, выдержавшая испытания повышенным напряжением переменного тока величиной $1,5 U_{ном}$, обеспечивается запасом электриче-

ской прочности порядка $1,5 \cdot 1,73 \approx 2,6$, что позволяет оставить машину в работе до очередного капитального ремонта.

У генераторов с несимметрией токов утечки можно периодически производить контрольные измерения этих токов, наблюдая за их изменениями. Эти измерения могут совмещаться с текущими ремонтами генератора.

Повышенные токи утечки не всегда имеют стойкий характер и могут как усилиться, так и уменьшиться до нормальных. На это указывают наблюдаемые случаи, когда со временем, без вмешательства персонала, несимметричные и повышенные токи утечки уменьшаются до нормальных или возникают вместо одной фазы в другой фазе.

Необходимо также иметь в виду, что повышенные токи утечки могут быть вызваны сильным загрязнением или увлажнением изоляции выводной доски или других внешних элементов. При появлении признаков ненормальных токов утечки эти элементы должны быть исключены из схемы измерений.

Использование высокого выпрямленного напряжения для пробоя дефектной изоляции взамен напряжения переменного тока или вообще отказ от применения последнего при испытаниях изоляции статорных обмоток не может считаться правильным. Решающим видом испытаний изоляции статорных обмоток должно быть признано испытание повышенным напряжением переменного тока. Следует отметить, что повышение испытательного переменного напряжения дает большой эффект.

В энергосистеме не было ни одного случая, при котором изоляция статора генератора после испытания во время капитального ремонта напряжением $1,5 U_{ном}$ была бы повреждена в эксплуатации за время между капитальными ремонтами.

Но за последние годы были случаи, когда во время работы была пробита изоляция статоров, испытанных ранее напряжением переменного тока $1,2 \div 1,3 U_{ном}$. Это указывает на необходимость повысить низший допустимый предел испытательного напряжения не менее чем до $1,4 U_{ном}$.

Выводы

1. Применение выпрямленного напряжения с измерением токов утечки способствует повышению эффективности профилактических испытаний изоляции статорных обмоток генераторов.

2. Генераторы, у которых изоляция обмоток дает в отдельных фазах или ветвях резкий рост токов утечки на выпрямленном напряжении и несимметрию по фазам или ветвям, но выдержавшая испытания повышенным напряжением переменного тока, порядка $1,5 U_{ном}$, могут быть оставлены в работе.

3. В целях дальнейшего повышения эффективности испытаний напряжением переменного тока необходимо повысить низший предел испытательного напряжения не менее чем до $1,4 U_{ном}$.



Усовершенствование автоматического управления агрегатами гидростанции

Инж. А. Ф. Яковлев

За 1951 г. автоматическое управление агрегатами гидроэлектростанции дало 17% случаев неправильной работы. Каждая шестая попытка автоматического пуска или остановки агрегата давала отказ в работе того или иного устройства автоматики. Положение было явно нетерпимым, и оно усугублялось еще разнообразием примененных схем автоматики. При постепенном вводе агрегатов применялись различные упрощения, изменения; это привело к тому, что по окончании монтажных работ на всех агрегатах электростанции были разные схемы автоматики.

Появились затруднения и с аппаратурой автоматики, особенно с центробежными реле (реле оборотов), струйными реле, поплавковыми, температурными и т. п.

Были намечены следующие пути коренного улучшения работы автоматики:

1. Анализ причин неправильной работы и разработка мер для их устранения.

2. Разработка единой, наиболее рациональной схемы автоматики и выполнение ее на всех агрегатах.

3. Усовершенствование имеющейся аппаратуры автоматики и разработка новых образцов.

Это требовалось выполнить в достаточно короткие сроки, чтобы не только повысить надежность работы устройств автоматики, но и подготовить перевод электростанции на телеуправление с центрального диспетчерского пункта энергосистемы.

Безусловно, основной причиной неудовлетворительной работы автоматики являлась излишняя сложность примененных схем. Имевшиеся случаи неправильной работы подразделялись следующим образом:

Отказы дистанционного управления стопором	31%
Отказы в работе реле оборотов и других устройств схемы торможения	19%
Отказы в работе схемы автосинхронизации и включения приводов выключателей	18%
Отказы в работе микровыключателей в регуляторах скорости турбины	12%
Отказы в работе дистанционного управления пуском насосов охлаждения трансформаторов	11%
Разные дефекты аппаратуры	9%

Рассмотрение различных вариантов повышения надежности работы схемы управления стопором направляющего аппарата гидротурбины привело к постановке вопроса о возможности вообще

отказа от применения стопора. На всех гидротурбинах электростанции были проведены опыты по определению поведения направляющего аппарата турбины при отсутствии стопора.

Расчеты и опыты показали, что направляющий аппарат под давлением воды в спиральной камере и при отсутствии стопора и давления в маслonaпорной установке самопроизвольно не открывається и ротор не приходит в движение. Даже при максимальном напоре, полностью снятом давлении в маслonaпорной установке и отсутствии стопора шток сервомотора направляющего аппарата турбины перемещается только на величину «натяга» направляющего аппарата, т. е. становится в нулевое положение. Для пуска агрегата необходимо открытие направляющего аппарата от 10 до 15%. Таким образом, было установлено, что применение стопора при нахождении агрегата в резерве излишне и в результате из схемы автоматики были исключены как электрические цепи стопора, так и гидравлические связи, блокировки и другие устройства. Это уменьшило количество маслопроводов, сократило утечки и проточки масла из системы регулирования турбиной. Стопор с ручным управлением стал использоваться только при ремонтных работах.

Ранее на гидростанции применялось прерывистое торможение. Автоматическое его выполнение было связано со следующими трудностями:

1. Не было достаточно надежного реле оборотов, четко работающего при 40 и 20% оборотов;

2. Для прерывистого торможения использовалось моторное реле времени с многократной подачей импульсов, начиная от 40% оборотов и до 20%, когда начиналось «глухое» торможение. Моторное реле и вся сложная схема работала ненадежно.

Разработка новых реле оборотов велась по трем направлениям:

1) механические реле с действием на ртутные переключатели (колбы);

2) электрические реле, работающие на выпрямленном токе, с питанием от вспомогательного генератора, сидящего на одном валу с главными;

3) ртутные реле с использованием параболоида вращения ртути.

В результате удалось найти удачные решения по всем трем типам реле оборотов. Реле, предложенное инж. Кондрус, прошло несколько стадий разработок и в конечном виде приняло исключительно простой вид¹. Опытами было установлено,

¹ См. «Электрические станции», 1952, № 12, стр. 34.

что это реле имеет надежную и четко работающую характеристику.

Для определения возможности «глухого» торможения на крупных гидрогенераторах были проведены опыты с постепенным увеличением процентов оборотов, при котором начиналось «глухое» торможение, измерение времени вращения агрегата на пониженных оборотах, измерение температуры и состояния тормозного диска и тормозов и т. д. При этом были получены следующие результаты:

1. При прерывистом торможении (от 40 до 20% оборотов и «глухом» торможении при 20% оборотов) дается 6 ÷ 7 импульсов с интервалами 10 сек. и поддержанием давления 5 сек., всего в течение 86 ÷ 105 сек.

2. От начала «глухого» торможения при 20% оборотов до полной остановки агрегата проходит 13 ÷ 34 сек.

3. Полное время торможения составляет 99 ÷ 139 сек.

4. При «глухом» торможении от 40 и даже 50% оборотов полное время торможения составляет 46 ÷ 60 сек., т. е. агрегат значительно меньше время работает на малых оборотах.

5. Температура диска ротора при «глухом» торможении не превышает 80 ÷ 95°С и удлинение тормозного диска не превышает 0,5 мм на стык. Эти величины не выше наблюдаемых при прерывистом торможении.

При опытах торможения обращалось также внимание на температуру подпятника, на поведение агрегата в отношении ударов, вибраций и т. п. Никаких ненормальных явлений не было установлено.

На основании опытов было применено «глухое» торможение, что значительно упростило схему управления.

Опытами торможения также было установлено, что не обязательно возвращать тормозные колодки в исходное положение при отсутствии давления в тормозной системе. Колодки отбиваются диском ротора на первом же обороте. Это позволило перенести контроль состояния тормозов с колодок на реле давления в системе торможения. Однако ввиду того, что при нагрузке агрегата иногда наблюдается хотя не опасное, но неприятное заедание диска ротора за тормозную колодку, а также из-за сложности выполнения надежного реле давления на малую величину давления возврата (0,5 ÷ 1,0), можно рекомендовать на электростанциях, имеющих обслуживающий персонал, контроль состояния тормозной системы осуществлять на блок-контактах, установленных не на всех, а на 1 ÷ 2 тормозных колодках.

Отказы в работе схемы автосинхронизации в основном происходили из-за ненадежной работы приводов устаревших типов масляных выключателей, а также из-за дефектности реле типа ЭН-526/200, работавшего в схеме включения в работу регулятора напряжения и автосинхронизатора.

Ранее включение в работу этих аппаратов производилось при помощи реле оборотов, настроенного на 95%. Ввиду отставания роста напряжения на генераторе от увеличения скорости

вращения использование реле оборотов приводило к преждевременному включению в действие регулятора напряжения с последующими качаниями напряжения на генераторе. Применение вместо реле оборотов реле напряжения, включающего регулятор напряжения при приближении величины напряжения на генераторе к минимальному рабочему, улучшило работу схемы.

Указанные выше дефекты были устранены путем установки новых надежных реле напряжения и усовершенствованием схем и системы блок-контактов у приводов масляных выключателей.

Микровыключатели, установленные в регуляторе скорости вращения в цепи электродвигателя ограничения открытия направляющего аппарата, используемого в цепи пуска и остановки агрегата, были явно ненадежны. Вместо них была применена система ртутных контактов, которые показали высокую надежность работы и хорошую регулируемость. Следует отметить, что в целях повышения надежности работы выключателей и во избежание попадания ртути в регулятор скорости стеклянные колбы с ртутью были заключены в металлические закрытые кожухи. Приходится сожалеть, что промышленность не предоставляет ртутных контактов в металлических колбах заводского исполнения.

Упрощение и повышение надежности работы схемы пуска насосов охладителей масла трансформаторов было достигнуто тем, что вместо трех пускателей (автоматов) на три фазы охладителей запуск трех электродвигателей был осуществлен от одного группового пускателя. Кроме того, на маслопроводах были установлены более надежные струйные реле.

Велась также работа по разработке струйного реле для воды. Были изготовлены и установлены крайне простые струйные реле, работающие лучше многих струйных реле заводского изготовления. Однако нельзя сказать, что проблема оснащения схем автоматики струйными реле решена, так как ни одного типа, достаточно надежно работающего в различных условиях, у нас еще нет.

Были выполнены также и другие работы по улучшению конструкций и повышению качества аппаратуры. Так, например, найдено новое решение по установке сельсинов-датчиков, для передачи на пульт показаний открытия направляющего аппарата и ограничителя открытия, по реконструкции катаракта регулятора скорости и др.

Как уже указывалось, важнейшим мероприятием являлось упрощение схем автоматического управления.

На первых агрегатах электростанции была применена схема с большим количеством реле повторителей, наличием элементов, постоянно обтекаемых оперативным током, с многочисленными дублирующими друг друга сигналами и блок-контактами в цепи запроса.

В качестве примера на рисунке показаны три варианта одного из участков схемы цепи запроса и пуска агрегата.

Вариант I в исполнении иностранной фирмы (США) включал в себя 36 блокконтактов реле и 10 контактов ключей, причем реле пуска при работе агрегата постоянно обтекались током. Разрыв цепи в любом месте схемы приводил к оста-

новке агрегата и сбросу нагрузки. С целью упрощения проектной организацией был предложен вариант II схемы. В ней в цепи пуска и запроса осталось уже только 19 блокконтактов реле и четыре контакта ключа и была исключена необходимость постоянного обтекания током реле пуска.

В процессе наладки автоматики и дальнейшего упрощения и повышения надежности работы схемы работниками электростанции был применен вариант III, при котором в схеме запроса и пуска осталось всего четыре блокконтакта реле и два контакта ключа.

Вместо двух реле пуска вспомогательного оборудования, агрегата и автосинхронизации было оставлено одно реле. Излишним являлось наличие контактов контроля положения каретки плоского реостата регулятора напряжения, автоматов гашения поля ротора генератора и возбуждителя — блок-контактов управления регулятором скорости вращения турбин. Агрегат всегда пускается при их включенном положении, соответствующем холостому ходу. Пуск даже при положении, не соответствующем включению в работу, ничем не опасен. Кроме того, указанные элементы имеют видимую оператором сигнализацию положения; при подаче им импульса на пуск агрегата и у генератора при развороте сразу включается в работу регулятор напряжения.

Для разбора схемы пуска использован конечный выключатель отведенного полностью механизма ограничения открытия, и поэтому отпала необходимость ввода в схему нормально закрытого положения выключателя генератора.

Так как из первичной схемы генератора были изъяты активное сопротивление и выключатель, а нулевая точка была заземлена через трансформатор напряжения, то, следовательно, стали не нужны и блокконтакты нулевого выключателя в схеме запроса и пуска.

Реле давления в системе регулирования оставлено с действием только на сигнал, а блокконтакты этого реле из схемы пуска изъяты.

У работников электростанции установилось мнение, что вообще при потере давления в системе регулирования турбины останавливать агрегат и тем более аварийно, со сбросом нагрузки не следует.

Таким образом, в схеме запроса и пуска оставлены только два реле, которые определяют невозможность пуска агрегата: реле наличия давления в системе торможения и выходное реле защит или реле остановки агрегата. Естественно, что значи-

тельное количество элементов, характеризующих состояние агрегата, оставлено в схеме сигнализации (уровни масла в подшипниках, давление в маслонапорной установке, температурные реле и др.).

Упрощение схем позволило исключить 225 промежуточных реле повторителей и около 800 жил кабеля.

Упрощение коснулось не только электрических схем, но и схемы регулятора скорости турбины. Кроме стопора из регулятора УК-150 изъяты золотник ручного регулирования, гидроклапаны, гидроблокировки, маслопроводы. Была проведена работа и по изменению схем вспомогательного оборудования. Так, например, опытами и расчетом была подтверждена возможность отказа от реостатного пуска двигателей лебедок управления щитами напорного трубопровода и стал применяться пуск этих двигателей как короткозамкнутых.

Была проверена возможность прямого включения в сеть и асинхронного пуска синхронных двигателей мощных компрессоров. Автоматика пуска и остановки компрессоров была упрощена.

К вопросам наладки, реконструкции схем и аппаратуры автоматики было привлечено внимание всего коллектива электростанции и первичного отделения ВНИТОЭ на электростанции.

Проведенные мероприятия уже дали свои первые результаты. Так, за III квартал 1952 г. в процессе нескольких сот пусков и остановок агрегатов было только 2% случаев неправильной работы. Они произошли из-за заеданий редуктора ограничителя открытия направляющего аппарата и разрегулировки блокконтактов в регуляторе скорости и не имели бы места при более тщательном выполнении работ в механической части регуляторов скорости и тросовой обратной связи регуляторов.

Отмечены были также случаи включения генераторов в сеть с толчком из-за уменьшения времени опережения на включение в результате изменения характеристик ламп автосинхронизатора. Это заставляет наряду с улучшением схем автосинхронизации вести работу по применению самосинхронизации, удачные опыты которой уже проведены на электростанции.

Работа по улучшению и освоению автоматики продолжается. Заканчивается наладка схем телеуправления, измерений, телесигнализации, разрабатываются улучшенные образцы аппаратуры автоматики.



Влияние свойств масла на характеристики изоляции трансформаторов

Инж. В. Н. Звездин и Р. Г. Надельсон

Эксплуатация крупных силовых трансформаторов показывает, что вопрос об объеме и методах профилактических испытаний изоляции трансформаторов пока еще нельзя считать решенным.

Часто, произведя испытание изоляции трансформатора и обнаружив ухудшение данных по сравнению с результатами предыдущих испытаний, дают заключение об увлажнении изоляции трансформатора и нередко выводят его в ремонт для сушки изоляции, в то время как ухудшение изоляции не всегда связано с увлажнением ее.

Результаты испытаний изоляции трансформаторов, накопленные за последние годы высоковольтной лабораторией одной энергосистемы, дают возможность сделать некоторые выводы о методах контроля масла, являющегося составной частью изоляции трансформатора, и о влиянии его на общее состояние изоляции.

Одним из наиболее характерных примеров ухудшения изоляции трансформаторов в эксплуатации является случай с трехфазным трансформатором иностранной фирмы 100 тыс. кВА, 220/110/10,5 кВ.

При проведении в 1949 г. очередных профилактических испытаний трансформатора при температуре 63°С было установлено, что за двухлетний период эксплуатации трансформатора произошло резкое ухудшение состояния изоляции всех трех обмоток как по величинам сопротивления изоляции, так и величинам $\lg \delta$ (табл. 1).

По существовавшим в то время представлениям при таком состоянии изоляции трансформатор не мог быть включен в эксплуатацию без сушки.

Ввиду отсутствия в 1949 г. в системе вакуумной печи для сушки таких трансформаторов было принято решение о проведении сушки изоляции маслом на месте установки трансформатора с одновременным нагревом трансформатора методом короткого замыкания.

После 100 час. сушки при 98°С состояние изоляции улучшилось, но сопротивление изоляции и $\lg \delta$ не достигли своих первоначальных значений, которые были перед вводом трансформатора в эксплуатацию (табл. 1).

Дальнейшая эксплуатация трансформатора в течение одного года после сушки маслом вновь привела к ухудшению изоляции, и трансформатор был выведен в ремонт для сушки изоляции и вакуумной печи, изготовленной к этому времени.

Данные измерений сопротивления изоляции при сушке в вакуумной печи показали, что за время сушки характеристики изоляции мало измени-

лись, выход влаги был незначительным, однако после заполнения трансформатора свежим маслом все характеристики изоляции улучшились и достигли первоначальных значений, которые были перед вводом в эксплуатацию, в 1947 г.

Это обстоятельство заставило обратить особое внимание на роль масла и влияние его характеристик на результаты измерений.

На результаты измерений при снятии характеристик изоляции трансформаторов существенное влияние оказывают диэлектрические характеристики масла — удельное объемное сопротивление и $\lg \delta$.

Для сухого свежего масла, которым обычно заполняются трансформаторы, значение $\lg \delta$ при температурах до 50°С не превышает 0,1%, а удельное объемное сопротивление ρ_v при этих температурах не менее 10^{14} Ом·см.

При эксплуатации трансформатора масло увлажняется, стареет, загрязняется волокнами, продуктами старения, в результате чего его диэлектрические характеристики ухудшаются, что приводит к общему ухудшению состояния изоляции трансформатора. Это ухудшение не может

Таблица 1

Состояние трансформатора	Измеряемая величина	Схема измерений		
		220-к	110-к	10,5-к
Перед вводом в эксплуатацию, 1947 г. (65°С)	$R_{из}, \text{МГОМ}$	85	300	23
	$\lg \delta, \%$	3,95	2,80	4,45
После двух лет эксплуатации, 1949 г. (63°С)	$R_{из}, \text{МГОМ}$	13	82	5
	$\lg \delta, \%$	22,2	16,8	25,2
После сушки изоляции маслом, 1949 г. (67°С)	$R_{из}, \text{МГОМ}$	40	210	19
	$\lg \delta, \%$	6,3	4,7	6,85
После осмотра и сушки под вакуумом, перед вводом в эксплуатацию, 1950 г. (42°С)	$R_{из}, \text{МГОМ}$	235	1000	125
	$\frac{C_2}{C_{50}}$	1,5	1,4	1,32
После двух лет эксплуатации, 1952 г. (42°С)	$R_{из}, \text{МГОМ}$	36	165	16
	$R_{из}, \text{МГОМ}$	330	1200	140
После замены масла, 1952 г. (30°С)	$\frac{C_2}{C_{50}}$	1,36	1,74	1,26

быть выявлено только диэлектрической прочностью и кислотным числом масла, что подтверждается следующим.

1. Приведенный выше трехфазный трансформатор 100 тыс. *кВА* был подвергнут в 1950 г. ремонту с сушкой изоляции в вакуумной печи и затем введен в эксплуатацию.

При проведении профилактических испытаний в 1952 г. было обнаружено резкое ухудшение состояния изоляции (табл. 1), что требовало вывода его в ремонт для сушки изоляции в вакуумной печи.

Однако, произведя испытание масла, обнаружили, что при высокой электрической прочности масла (43 *кВ*) и хороших данных химического анализа (кислотное число равно 0,1 *мг КОН*) масло имеет $\operatorname{tg} \delta \approx 13\%$ и $\rho_v = 5,25 \cdot 10^{11} \text{ ом} \cdot \text{см}$.

В виде опыта было решено произвести замену масла в трансформаторе на месте его установки. Замена масла почти полностью восстановила изоляцию, т. е. ее сопротивление достигло значений, которые были после сушки (табл. 1).

Почти полное восстановление изоляции трансформатора после замены масла дает возможность утверждать, что улучшение изоляции при первой сушке маслом следует отнести не за счет удаления влаги, а за счет частичной замены масла.

2. В 1950 г. в системе были введены в эксплуатацию вновь прибывшие трехфазные трансформаторы фирмы VEM 20 тыс. *кВА*, 35/6,6 *кВ* с регулированием напряжения под нагрузкой на напряжении 35 *кВ*. Перед вводом в эксплуатацию трансформаторы были подвергнуты осмотру с выемкой сердечника, причем только два из них подвергались сушке (в вакуумной печи). Состояние изоляции всех трансформаторов было примерно одинаковым, величины сопротивления изоляции, $\operatorname{tg} \delta$ и $\frac{C_2}{C_{50}}$ соответствовали значениям, принятым в энергосистеме для трансформаторов, прошедших осмотр.

В 1952 г. при профилактических испытаниях изоляции указанных трансформаторов обнаружилось резкое ухудшение характеристик.

В табл. 2 приведены результаты измерений, полученные после осмотра при вводе в эксплуатацию и при очередных профилактических испытаниях для двух трансформаторов.

Данные табл. 2 показывают, что характеристики ухудшились для изоляции как обмоток 35 *кВ*, так и обмоток 6 *кВ*, что исключало предположение об изменении этих характеристик из-за увлажнения регулировочных устройств, расположенных в отдельных баках.

По данным химического анализа и электрической прочности масло соответствовало установленным нормам: по внешнему виду оно было светлым, цвет его за указанный период эксплуатации изменился с № 2 до № 3, кислотное число составляло всего 0,05 *мг КОН* (согласно нормам кислотное число не должно превосходить 0,4 *мг КОН*). Электрическая прочность масла составляла 35–40 *кВ*.

Для выявления причин ухудшения изоляции было произведено измерение $\operatorname{tg} \delta$ и ρ_v масла

трансформаторов, давшие следующие результаты (при 50° С);

Трансформатор	$\operatorname{tg} \delta, \%$	ρ_v
1	2,5	$1,71 \cdot 10^{12}$
2	11,6	$4,55 \cdot 10^{11}$

Из этих данных видно, что характеристики масла во много раз хуже приведенных ранее характеристик для свежего сухого масла.

После замены масла в трансформаторах на месте их установки характеристики изоляции значительно улучшились (табл. 2).

Оба трансформатора находятся в эксплуатации.

3. Не менее характерными данными, доказывающими влияние характеристик масла на состояние изоляции трансформатора, могут явиться результаты обследования трансформатора типа ТСВ 100 тыс. *кВА*, 35/6,6 *кВ*.

Трансформатор после ремонта и сушки изоляции в вакуумной печи в 1949 г. был введен в экс-

Таблица 2

№ трансформатора	Состояние трансформатора	Измеряемая величина	Схема измерений		
			35-к	6,6-к	35-6,6
1	После осмотра перед вводом в эксплуатацию (44° С)	$R_{из}, \text{ мгом}^*$	270	400	1500
		$\operatorname{tg} \delta, \%$	4,3	2,5	1,34
		$\frac{C_2}{C_{50}}$	1,18	1,2	1,17
	После двух лет эксплуатации (37° С)	$R_{из}, \text{ мгом}$	30	28	9
		$\operatorname{tg} \delta, \%$	11	9,7	—
		$\frac{C_2}{C_{50}}$	1,94	1,60	—
	После замены масла (38° С)	$R_{из}, \text{ мгом}$	120	135	80
		$\operatorname{tg} \delta, \%$	5,3	4,8	—
		$\frac{C_2}{C_{50}}$	1,40	1,37	—
2	После осмотра перед вводом в эксплуатацию (45° С)	$R_{из}, \text{ мгом}^*$	300	600	1500
		$\operatorname{tg} \delta, \%$	2,1	1,3	1,43
		$\frac{C_2}{C_{50}}$	1,8	2,4	—
	После двух лет эксплуатации (46° С)	$R_{из}, \text{ мгом}^*$	45	100	125
		$\operatorname{tg} \delta, \%$	5,2	5,3	—
		$\frac{C_2}{C_{50}}$	1,8	2,4	—
	После замены масла (47° С)	$R_{из}, \text{ мгом}$	150	250	315
		$\operatorname{tg} \delta, \%$	1,8	1,6	1,5
		$\frac{C_2}{C_{50}}$	1,25	1,25	1,26

* Измерено с использованием экрана мегомметра.

плуатацию. При профилактических испытаниях изоляции в 1952 г. было выявлено ухудшение изоляции трансформатора (табл. 3).

Таблица 3

Состояние трансформатора	Измеряемая величина	Схема измерений		
		35-к	6,6-к	35—6,6
После ремонта перед вводом в эксплуатацию (64° С)	$R_{из}, \text{МГОМ}$	60	13	35
	$\text{tg } \delta, \%$	5,2	9,6	8,9
После трех лет эксплуатации (55° С)	$R_{из}, \text{МГОМ}$	18	7,5	17
	$\text{tg } \delta, \%$	6,0	9,2	8,6

Произведенные испытания показали, что для масла $\text{tg } \delta \approx 5,6\%$, $\rho_v = 9,25 \cdot 10^{11} \text{ ом} \cdot \text{см}$, цвет масла — № 6 и 7.

Необходимо отметить, что при таких характеристиках кислотное число не превосходило 0,14 мг КОН.

После выемки сердечника из бака было произведено измерение сопротивления изоляции и емкости обмоток (без масла) при 11° С, причем были получены следующие результаты:

Схема измерения	$R, \text{МГОМ}$	$\frac{C_2}{C_{50}}$
35-к	10 000	1,05
6,6-к	5 000	1,14
35—6,6	10 000	—

Эти данные показывают, что твердая изоляция трансформатора не увлажнена и что, очевидно, единственной причиной ухудшения общей изоляции трансформатора явилось масло с неудовлетворительными характеристиками.

Приведенные случаи восстановления изоляции и данные испытаний трансформаторов свидетель-

ствуют о том, что изоляция трансформаторов во многих случаях может быть восстановлена путем замены масла с ухудшившимися в эксплуатации диэлектрическими свойствами свежим.

Кроме того известно, что у большого числа мощных трансформаторов, находящихся в эксплуатации в течение длительного времени, масло не теряет своих диэлектрических свойств так быстро, как в приведенных трансформаторах.

Причины, вызывающие такое изменение диэлектрических характеристик масла во время эксплуатации, связь этих характеристик с остальными физико-химическими показателями, а также вопросы методов восстановления масла в трансформаторах, находящихся в эксплуатации, пока не известны и требуют изучения.

Выводы

1. Ухудшение изоляции трансформаторов, находящихся в эксплуатации, выявленное при испытаниях, может быть вызвано ухудшившимися диэлектрическими характеристиками масла.

2. Правильная оценка состояния изоляции трансформатора может быть сделана только после проведения полного комплекса измерений самого трансформатора и масла.

При испытании масла, кроме определения обычных физико-химических показателей, необходимо производить измерение диэлектрических характеристик, которые оказывают влияние на величины сопротивления изоляции, $\text{tg } \delta$ и $\frac{C_2}{C_{50}}$ для всей изоляции трансформатора.

3. Изоляция трансформаторов в ряде случаев может быть улучшена путем замены масла, имеющего неудовлетворительные диэлектрические характеристики.

4. Необходимо изучить причины, ухудшающие диэлектрические характеристики масла, и разработать методы восстановления его свойств в трансформаторах, находящихся в эксплуатации.



Рентгеновское излучение высоковольтных кенотронных установок и меры защиты от него

Канд. техн. наук В. Е. Манойлов и инж. Н. М. Палладиова

Испытание кабелей повышенным напряжением постоянного тока осуществляется передвижными кенотронными установками, имеющими высоковольтную выпрямительную лампу — кенотрон, которая может служить источником рентгеновского излучения.

По заданию Министерства и ЦК профсоюза рабочих электростанций Всесоюзным научно-исследовательским институтом охраны труда ВЦСПС в Ленинграде было проведено исследование работы высоковольтных кенотронов как в лабораторных условиях, так и в условиях эксплуатации в целях определения рентгеновского излучения их при переменных параметрах нагрузки и разработки защитных мероприятий для обслуживающего персонала.

В качестве критерия для оценки вредности рентгеновского излучения кенотронов были приняты нормативы для медицинских рентгеновских установок, а также для промышленного рентгенографирования, а именно: предельно-допустимая физическая доза излучения 0,1 рентгена в течение рабочего дня при мощности рентгеновского излучения $10 \cdot 10^{-6} \text{ р/сек}$.

Ниже излагаются результаты работы, проведенной Институтом.

Работа кенотрона в зависимости от распределения напряжения между ним и испытуемым кабелем характеризуется тремя режимами:

1) зарядка конденсатора, обкладками которого является жила и оболочка кабеля;

2) испытание изоляции кабеля при отсутствии повреждений в изоляции;

3) испытание кабеля при наличии полного или частичного пробоя изоляции.

Этим режимам соответствует работа кенотрона в схеме с переменным сопротивлением нагрузки R , причем падение напряжения на кенотроне может меняться в широких пределах.

При сопротивлении изоляции кабеля $100 \div 200$ мгом и более все испытательное напряжение $35 \div 40$ кВ падает на этом сопротивлении. Падение напряжения на кенотроне в этом случае составляет $2,5 \div 3,0$ кВ, что является нормальным режимом его работы. Возникающее при этом очень мягкое ($2,5 \div 3,0$ кВ) рентгеновское излучение полностью поглощается стеклянной колбой.

При повреждении изоляции кабеля имеет место иное положение. Сопротивление места повреждения может уменьшиться до нескольких десятков или единиц ом. Падение напряжения на кабеле значительно снижается, а на кенотроне соответственно возрастает (до 30 кВ). В таком режиме кенотрон становится источником мягкого (30 кВ) рентгеновского излучения, мощность дозы которого может быть измерена.

Определение мощности дозы излучения кенотрона производилось как в лабораторных условиях, так и непосредственно на рабочих местах — в передвижных промышленных установках различных энергосистем. В качестве регистрирующего прибора был использован дозиметр типа ГРИ разработки Центрального института рентгенологии в Москве, имеющий специальную камеру для измерения мягкого рентгеновского излучения.

В условиях эксплуатации доза рентгеновского излучения измерялась передвижной кенотронной установкой (помещаемой в закрытой автомашине) при испытании кабеля марки СБС длиной 25 м.

В режиме высоковольтного испытания, когда испытательное напряжение было равно 35 кВ, а ток утечки изоляции кабеля не превышал 2 ма при $R = 100 \div 200$ мгом, рентгеновское излучение не было обнаружено, что подтверждают лабораторные испытания кенотрона в динамическом режиме.

Рассмотрим режим так называемого «дожигания» кабеля, т. е. испытания, которое проводится во всех энергосистемах и продолжается от 2 до 6 час. В этом режиме сопротивление изоляции кабеля резко снижается. Падение напряжения на кенотроне достигает 30 кВ и появляется излучение, среднее значение мощности дозы которого, измеренное на рабочем месте обслуживающего персонала, составляет около $P = 37 \cdot 10^{-6}$ р/сек при напряжении накала $U_n = 11$ в.

Максимальная величина мощности дозы рентгеновского излучения в момент пробоя при анодном токе $I_{a\phi} = 100$ ма, $U_{an} = 35$ кВ и напряжении накала $U_n = 8,4$ в (что соответствует рабочему режиму пробоя испытательной установки) равняется $P \approx 280 \cdot 10^{-6}$ р/сек.

Полученные данные устанавливают тот факт, что при работе кенотрона в испытательной высоко-

вольтной установке возникает рентгеновское излучение, мощность дозы которого превышает предельно-допустимое значение, определяемое величиной $10 \cdot 10^{-6}$ р/сек.

Для решения вопроса о вредном действии рентгеновского излучения на обслуживающий персонал необходимо знать общее количество времени, в течение которого человек подвергается этому действию.

Данные ряда энергосистем показали, что режимы работы кенотрона, при которых может возникать рентгеновское излучение, т. е. режимы полного или частичного пробоя кабелей, составляют около 3% от общего количества высоковольтных испытаний. Отсюда время, в течение которого обслуживающий персонал находится около излучающей установки, не превышает в среднем 100 час. в год на человека.

Действие рентгеновского излучения в течение указанного времени при многолетней работе обслуживающего персонала и при отсутствии защитных приспособлений может привести к вредным последствиям. Отсюда вытекает необходимость создания защитных мероприятий.

Кенотронные аппараты нового типа АКИ-2 принципиально должны обладать меньшей вредностью, так как в них применяются металлические пульта и кенотроны помещены в баке, заполненном маслом. Однако в этих установках расстояние между кенотроном и пультом невелико и определяется только электрической прочностью. Поэтому они должны быть проверены на возможность излучения и только после этого могут быть определены условия их эксплуатации.

В результате проведенного Институтом охраны труда исследования установлено и экспериментально доказано, что кенотроны КР-110, применяемые в настоящее время в испытательных высоковольтных установках, в некоторых режимах работы являются источником рентгеновского излучения, вредного для обслуживающего персонала. Мощность дозы этого излучения значительно превышает предельно-допустимые нормы.

Достаточным защитным средством от указанного излучения является экранирование лампы стальным листом толщиной не менее $0,5 \div 1$ мм, а также применение в кенотронных установках пультов или щитов, выполненных из материалов, экранирующих рентгеновское излучение.

Так, например, в передвижных установках, имеющих стальные пульта или щиты, отделяющие кенотронную часть схемы от помещения, где находится работающий, вредное излучение полностью устраняется. Измерения в реальных условиях сетевых испытаний показали, что такие пульта полностью поглощают излучение и устраняют вредность при установке их на расстоянии $0,75$ м от кенотрона при толщине стали 3 мм.

Наиболее рациональным решением вопроса является устранение полностью рентгеновского излучения в самой конструкции кенотрона.



ОБМЕН СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ ОПЫТОМ

Энергопоезда на стройке коммунизма

На левом берегу строительства Сталинградгидростроя после успешно проведенных подготовительных работ уже второй год находятся в эксплуатации энергопоезда. За это время предприятия, учреждения и жители левого берега не испытывали ограничения в электроэнергии.

Кроме удовлетворения нужд предприятий и населения левого берега, во второй половине января 1952 г. возникла необходимость в обеспечении электроэнергией прибывшего на строительство земснаряда общей установленной мощностью электродвигателей 1 250 кВт с короткозамкнутым асинхронным главным двигателем мощностью 864 кВт. Вследствие отсутствия других возможностей пришлось пойти на пуск земснаряда от энергопоезда Д-3000 с генератором мощностью 3 000 кВт, оборудованным автоматическим регулятором напряжения. Включение и отключение двигателя земснаряда — явление настолько частое, что единственным решением является его пуск толчком без отключения или снижения остальной нагрузки. Как вскоре выяснилось, такая практика себя полностью оправдала, так как длительность пуска главного двигателя при достаточно обученном персонале земснаряда составляла не более 2–3 сек. При этом наблюдались настолько кратковременные отклонения напряжения от нормального значения, что они ни в какой степени не влияли на работу остальных потребителей.

В начале июня 1952 г. с Волго-Дона на строительство Сталинградской гЭС прибыл второй земснаряд, равный по мощности первому. Имея достаточный опыт, решили испытать возможность обеспечения работы двух земснарядов от одного энергопоезда.

Включение второго земснаряда протекало еще более спокойно, чем в начальный период включения первого земснаряда, причем длительность толчка при включении земснаряда была в пределах 1–2 сек. Это объясняется тем, что на втором земснаряде эксплуатационный персонал, обогащенный опытом работы на Волго-Доне, был хорошо обучен.

Таким образом, около месяца, до окончания работ на высоковольтной линии электропередачи, один энергопоезд бесперебойно обеспечивал электроэнергией два земснаряда 300/40.

Весной текущего года на строительство Сталинградгидростроя прибыли и начали монтироваться мощные трехкубовые экскаваторы «Уралец». Из опыта эксплуатации других энергопоездов, а также из предварительных указаний Треста передвижных электростанций, аналогичные по мощности энергопоезда допускали одновременную работу не больше двух таких экскаваторов. На строительстве «Сталинградгидрострой» от одного энергопоезда одновременно обеспечивались электроэнергией до шести экскаваторов типа «Уралец» и все потребители левого берега. При этом не наблюдалось никаких нарушений режима работы как теплового, так и электрического оборудования. Не наблюдалось также отклонения параметров на котлах. Все это объясняется тем, что колебания нагрузки очень кратковременны и не влияют на устойчивую работу агрегатов энергопоезда.

Столь же успешно была решена задача обеспечения от одного энергопоезда одновременной работы одного земснаряда 300/40 и четырех-пяти экскаваторов «Уралец», причем и в этом случае работа всего оборудования энергопоезда протекала нормально, если не считать кратковременных — секундных — толчков при включении земснаряда и едва ощутимых котлами и турбиной колебаний нагрузки при работе экскаваторов.

Имеющийся длительный опыт одновременной работы двух земснарядов 300/40 и четырех-пяти экскаваторов типа «Уралец» показал недостаточность одного энергопоезда, и поэтому параллельно подключали второй энергопоезд мощностью 1 000 кВт. После ввода высоковольтной линии электропередачи энергопоезда обеспечивают работу левого

берега, четырех-пяти экскаваторов типа «Уралец» и двух-трех полукубовых электрических экскаваторов.

Накопленный опыт дает право считать возможным широкое использование энергопоездов как на отдельных участках гидротехнических и экскавационных работ, так и для комплексного обеспечения одновременной работы от энергопоездов земснарядов и экскаваторов большой производительности.

Инж. А. М. Меджибер

Прогрев перекрытий паром без устройства паровой рубашки

На строительстве тэз в зимних условиях были сделаны два железобетонных перекрытия с прогревом пара. Первое перекрытие было сделано над зданием разгрузочного сарая, представляющего собой длинное, прямоугольное помещение площадью 600 м², шириной 8,5 м при высоте 7 м. Стены сделаны из кирпича толщиной 125 мм; несущей конструкцией являются кирпичные столбы.

Здание имеет много оконных проемов и въездные ворота. Поскольку значительная площадь перекрытия требовала много леса на устройство паровой рубашки, было решено пропарку перекрытия произвести напуском пара в помещение сарая, учитывая то, что теплый воздух всегда стремится подняться вверх и, следовательно, будет располагаться слоем под перекрытием. С целью уменьшения продуваемости помещения окна и ворота были закрыты фанерой (без особого уплотнения). Трубы для паропрогрева были помещены под перекрытием, для выхода пара в их стенках были сделаны отверстия через 0,5 м (диаметр труб 50 мм).

Прогрев перекрытия без устройства паровой рубашки оказался очень эффективным. Если температура в помещении разгрузочного сарая на высоте 1,5 м была близка к нулевой, то температура под перекрытием достигла +60°С, а в толще бетона +45°С.

Такой способ прогрева без устройства паровой рубашки был применен также на устройстве железобетонного перекрытия помещения пылеприготовления площадью 240 м². Первое перекрытие строилось при температуре наружного воздуха —10 ÷ —12°С, а второе — при температуре наружного воздуха —20 ÷ —25°С.

Возведение монолитных железобетонных перекрытий без устройства паровых рубашек, как экономящее значительное количество леса и рабочей силы, должно найти широкое применение в практике строительства электростанций.

Инж. В. П. Рубайло

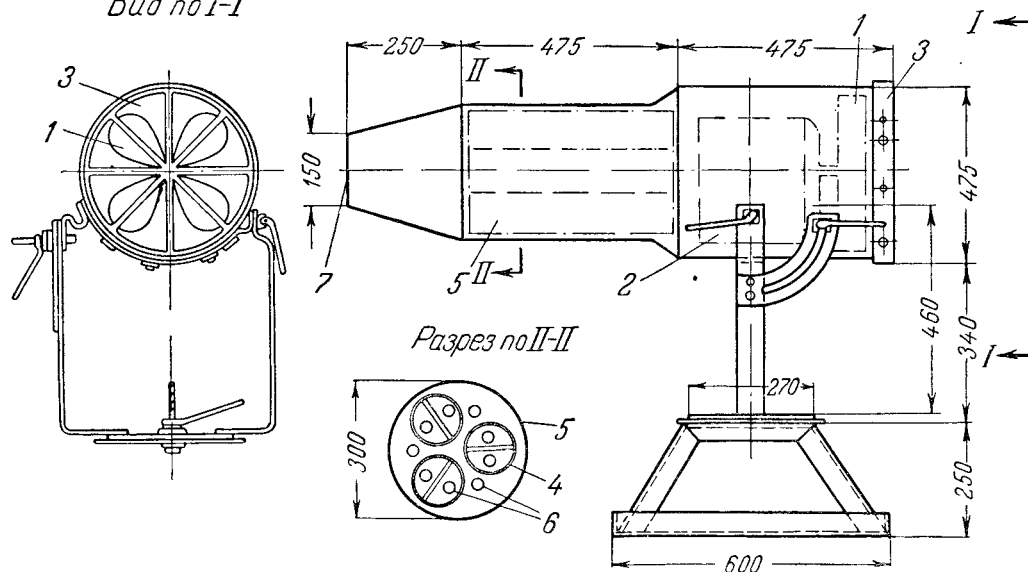
Воздуходувки для сушки зданий при производстве отделочных работ

Для сушки в зимних условиях внутренних поверхностей жилых и культурно-бытовых зданий при производстве отделочных работ с успехом применяются воздуходувки предлощенной К. И. Василиади конструкции.

В воздуходувке (рисунок) смонтирован вентилятор 1 типа ЦАГИ № 3 производительностью 3 500 м³/час с диаметром колеса 400 мм, приводимый в действие электродвигателем 2 мощностью 0,52 кВт, 1 500 об/мин, получающим питание с помощью переносного шлангового провода.

Поступающий в воздуходувку через отверстие 3 воздух, пройдя через вентилятор 1, направляется в нагревательные элементы 4, размещенные в коробе 5 из стали толщиной 1 мм, и асбоцементные трубы с перегородками из асбошифера, между которыми размещаются нагревательные элементы 6 из нихрома диаметром 2 мм. Струя нагретого воздуха выходит из воздуходувки через отвер-

Вид по I-I



стие 7. Корпус воздуходувки устанавливается на поворотном штативе 8 с необходимым наклоном для обеспечения подсушки любых участков поверхностей стен и потолков.

Воздуходувки описанной конструкции показали себя высокоэффективными в работе. Благодаря тому что при их применении оказывается возможным направлять поток горячего воздуха на наиболее сырые участки поверхностей, сушка идет чрезвычайно интенсивно.

При применении одной такой воздуходувки удавалось обеспечить просушку штукатурки в зимних условиях в трехкомнатной квартире за 2-3 дня.

Большую помощь строителям оказали воздуходувки и при производстве малярных и обойных работ.

Инж. Н. Я. Турчин

Комплексный подъем котла

На электростанции по проекту реконструкции четырехбарабанного парового котла типа Гарбе-Поваль требовалось в условиях действующей котельной поднять котел на 2 м для увеличения топочного объема. Проектом была предусмотрена следующая организация работ по подъему котла: полный демонтаж котла с кипяtilьной системой; наращивание каркаса котла на 2 м; монтаж котла на новой отметке.

Такая организация работ требовала значительных затрат материалов и рабочей силы, а также длительного нахождения котла в реконструкции.

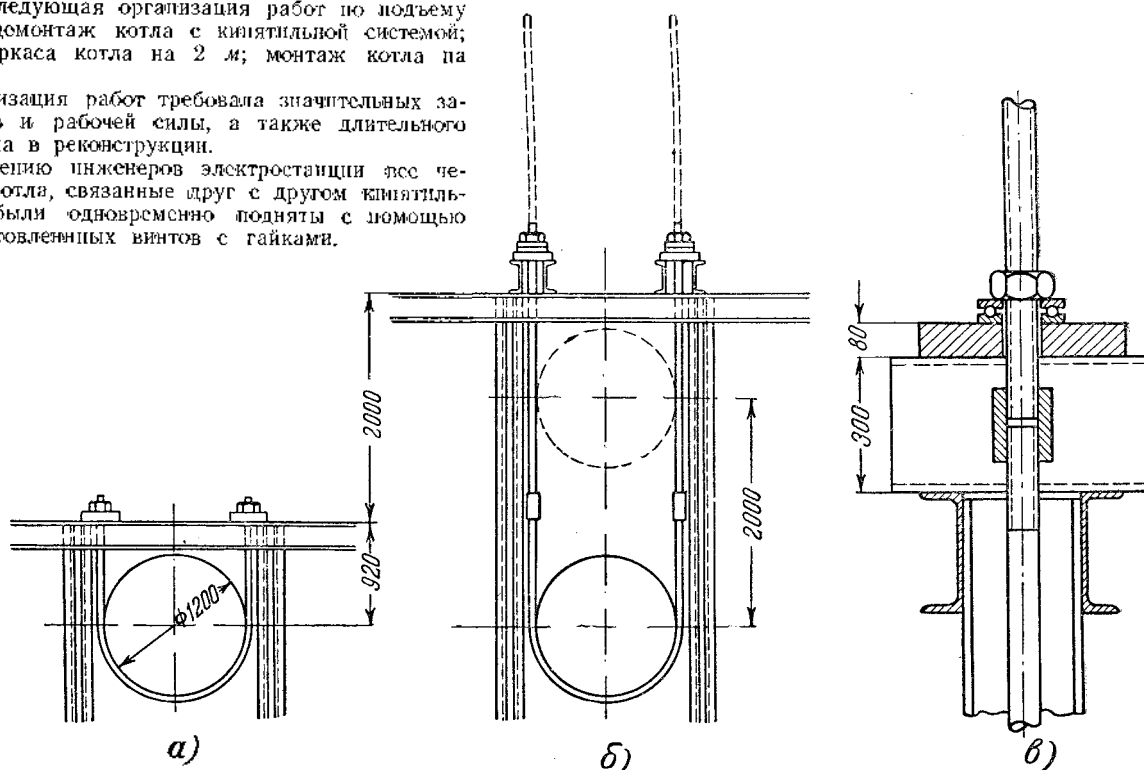
По предложению инженеров электростанции все четыре барабана котла, связанные друг с другом кипяtilьной системой, были одновременно подняты с помощью специально изготовленных винтов с гайками.

До реконструкции два верхних барабана котла были подвешены на четырех хомутах к каркасу (а на рисунке) и таким же образом требовалось закрепить их после подъема.

До разборки старой обмуровки были сняты все гайки и опорные подушки и все четыре барабана котла были опирались на обмуровку. Затем нарастили каркас на 2 м; к обоим концам каждого хомута при помощи соединительных муфт было укреплено восемь винтов длиной 2350 мм (диаметр и резьба винтов соответствовали концам соответствующих хомутов); сверху на каркас были поставлены временные добавочные опоры (б и в на рисунке), опорные подушки, упорные шарикоподшипники и на концы удлиненных винтов навинчены гайки.

Подъем производился одновременным вращением всех восьми гаек.

Когда барабаны с кипяtilьной системой были подняты до проектной отметки, по очереди разобрали приспособ-



собрания на каждом конце хомутов и закрепили концы в прежнем положении.

Применение указанного метода подъема котла на много сократило срок нахождения котла в реконструкции и удешевило ее.

Инж. С. С. Бартошевич

Комбинированная трубная вышка

Гнутые стальных труб наружным диаметром до 108 мм без особых затруднений производится в холодном состоянии на трубогибочных станках ТГМ—38-108. Гнутые же труб диаметром свыше 108 мм производится в горячем состоянии и требует для своего выполнения засыпки труб песком, уплотнения песка, нагрева, гнутья и пр., для чего может служить трубная вышка.

Опыт показал, что трубная вышка для набивки труб песком в сочетании с простейшими грузоподъемными механизмами хорошо комбинируется в одном комплексном узле и является достаточно гибкой в работе.

Такая вышка оборудуется основным и вспомогательным грузоподъемными механизмами. В качестве основного грузоподъемного механизма используется обычная монтажная стрела, а в качестве вспомогательного — кран-укосина (рис. 1).

Монтажная стрела грузоподъемностью 5 т предназначена для подъема труб, установки их в вертикальное положение около вышки, укладки в горн или на гибочную плиту, разгрузки и погрузки труб и т. д. Радиус действия стрелы — 9 м и угол поворота — 300°.

Кран-укосина предназначена для загрузки бункера песком, подъема и опускания обстуживающей трубу механизма и для других вспомогательных работ. Была принята грузоподъемность крана-укосины 0,5 т, радиус действия — 2 м и угол поворота — 180°.

Стрела и кран-укосина монтируются непосредственно на основной стойке вышки, лебедки же к ним устанавливаются в стороне под специальным навесом.

Конструкция вышки — цельнометаллическая (рис. 2) и состоит она из трех стоек 1 и 2, расположенных по вершинам равностороннего треугольника.

Основная стойка 2 вышки изготовляется из трубы диаметром 219 × 8 мм, а остальные две — из швеллеров № 16.

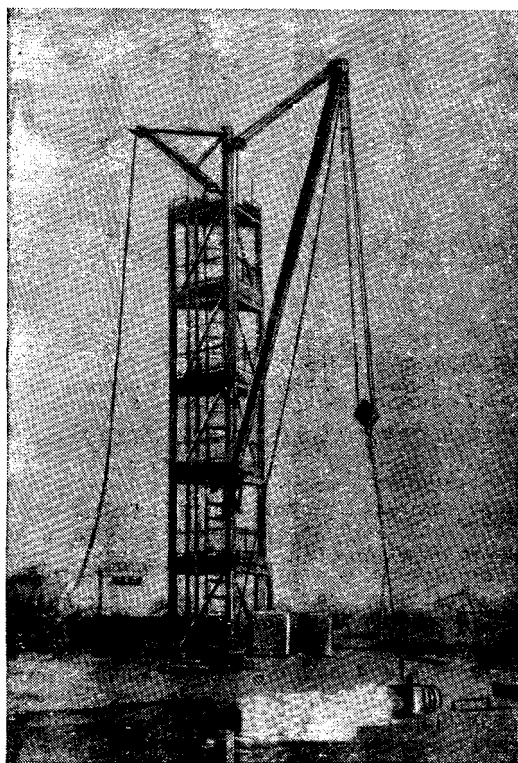


Рис. 1. Общий вид вышки с грузоподъемными механизмами.

Для придания большей жесткости конструкции вышки стойки ее по периметру связываются пятью рядами горизонтальных поясов 3 и раскосами 10.

Горизонтальные пояса используются для устройства на них рабочих площадок, которые располагаются на отметках 4,44, 6,66, 8,88 и 11,0 м.

Пластины на площадках изготавливаются из рифленой стали толщиной 5 мм и привариваются к нижним полкам швеллеров трех горизонтальных поясов.

Таким образом, по периметру каждой площадки выше уровня пола образуются глухие ограждения высотой 150 мм. Кроме того, вокруг площадок устраиваются еще нормальные ограждения высотой 1000 мм.

Связь рабочих площадок с землей предусматривается при помощи вертикальной лестницы-стремянки 8, которая для более удобного выхода на любую из рабочих площадок располагается перпендикулярно к стороне вышки и, начиная с отметки 2,22 до отметки 11,0 м, закрывается предохранительными скобами 9.

На первой площадке для монтажной стрелы устанавливается опорная конструкция 5, состоящая из двух швеллеров № 16.

Для более удобного обслуживания трубогибочной площадки шарнирная пята грузоподъемной стрелы выносится (по медиане треугольника) на 1,5 м от главной стойки. Поэтому опорная конструкция, выполняемая в виде консоли соответствующей длины, усиливается двумя подкосами.

На третьей площадке (отметка 8,88 м) производится засыпка песка в трубы при помощи шланга 11, соединяемого с бункером 4 емкостью 0,35 м³. С четвертой же площадки обслуживается кран-укосина, производится осмотр узлов верхнего полиспаста и загрузка бункера.

Конструкция вышки допускает использование различных механизмов для уплотнения песка.

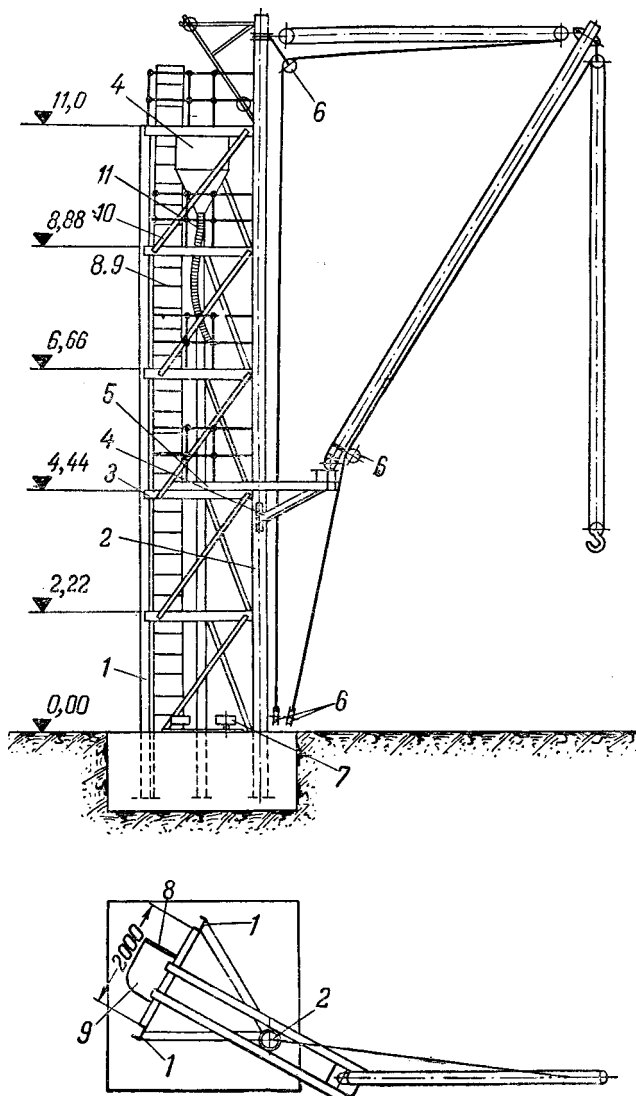


Рис. 2. Конструкция вышки.

При использовании обстукивателей (инвентарных или механических) одновременно могут обрабатываться либо одна, либо две трубы, причем они должны периодически, по мере уплотнения песка, поворачиваться вокруг своей геометрической оси.

Поэтому при установке труб в вертикальном положении их нижние концы, закрытые предварительно деревянными пробками, вставляются в чашки вращающихся подпятников 7, верхние же концы их закрепляются в специальных лапидных хомутах.

При использовании вибраторов или встряхивающих механизмов надобность во вращающихся подпятниках отпадает.

Тросы полиспастов при помощи отводных блоков 6 сведены к основанию стойки 2 в один узел, откуда они направляются к электролебедкам. Электролебедки для указанных полиспастов выбраны грузоподъемностью по 1,5 т, а для крана-укосины — 0,5 т.

Поворот стрелы, а также крана-укосины производится вручную.

Фундамент вышки—бетонный, имеет форму куба.

Инж. В. С. Коклик

Формованные изделия из минеральной ваты на диатомовом вяжущем

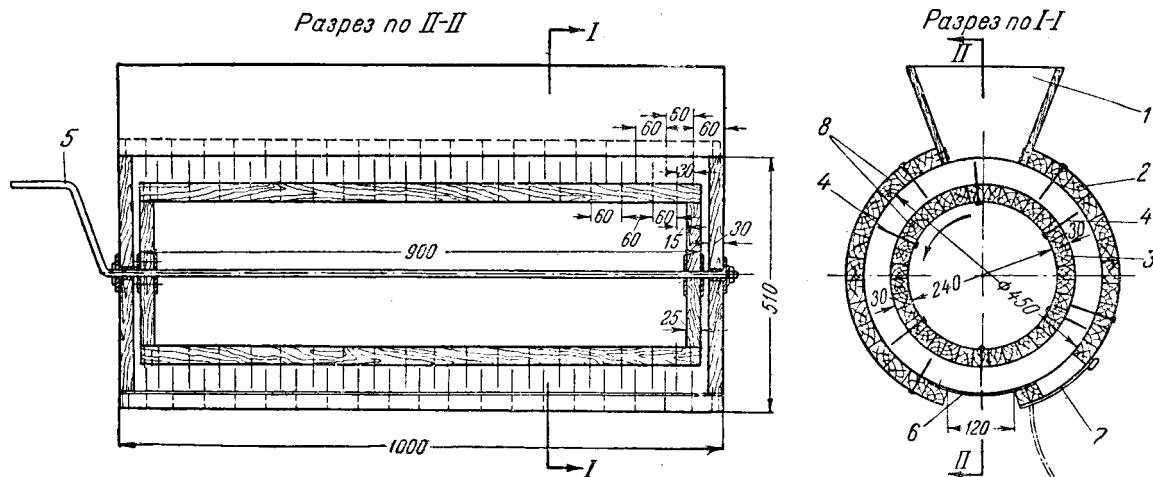
В настоящее время самый дешевый термоизоляционный материал — минеральная вата — производится промышленностью в виде сыпучего, волокнистого материала, не удобного для монтажа термоизоляции на трубопроводах, аппаратах и пр. Это обстоятельство вынуждает готовить изделия из минеральной ваты на месте монтажа. Такие изделия для изоляции горячих поверхностей сейчас готовят преимущественно в виде мат — минеральной ваты, прошитой между обкладками либо из проволоочной сетки, либо из асбестовой или стеклянной ткани.

Происходит вследствие образования гидросиликатов кальция. Процесс образования последних происходит в водной среде и тем эффективнее, чем выше температура. Осуществление такого процесса возможно при прогреве влажного материала в насыщенной влажной атмосфере при нормальном давлении или в атмосфере водяного пара при повышенном давлении. Первый способ дает худшие результаты, чем второй. В первом случае процесс твердения можно осуществлять в сушильках, задерживая выход насыщенного влажного сушильного агента, во втором случае твердение вяжущего и приобретение необходимой прочности изделий осуществляются в автоклавах.

Производство изделий по первому варианту осуществлено в мастерских треста «Союзнефтеизоляция». Минеральная вата расчесывается на специальном приспособлении и поступает в растворомешалку для смешения с известью и диатомитом. Минеральную вату и диатомит загружают в растворомешалку поочередно в сухом виде. После 2—3 мин. перемешивания добавляют воду и известь в виде порошка-кипелки или молока. После этого продолжают перемешивание еще 3 мин.; более длительное перемешивание приводит к излишнему истиранию ваты и увеличению объема веса изделий.

Важное значение имеет предварительное разрыхление и расчесывание минеральной ваты с отделением от нее части комочков. Для этой цели применено простейшее приспособление (рис. 1).

Минеральная вата загружается в бункер 1, откуда она поступает в пространство между двумя барабанами из деревянных реек. К внутренней поверхности наружного барабана и к наружной поверхности внутреннего барабана 3 забиты гвозди 4 длиной 100 мм. Зазор между барабанами — 75 мм. Длина выступающей части гвоздей 4 — около 70 мм. Число гвоздей по окружности внутреннего барабана — шесть и по окружности наружного барабана — четыре. По длине барабанов гвозди расположены через каждые 60 мм, так что каждый кольцевой ряд гвоздей внутреннего барабана проходит между кольцевыми рядами наружного барабана.



Приспособление для разрыхления минеральной ваты.

1 — бункер; 2 — поверхность наружного барабана; 3 — поверхность внутреннего барабана; 4 — 10-мм гвозди по окружности барабана; 5 — ручка Ст-3 диаметром 20 мм; 6 — сетка с ячейкой 10×10 мм; 7 — люк для выгрузки шлаковаты; 8 — деревянные планки размером 40×30 мм.

Для производства таких изделий требуются дефицитные материалы, и, кроме того, минеральная вата в матах дает со временем осадку, ухудшающую качество термоизоляции.

Возможность изготовления изделий из минеральной ваты с помощью несложного оборудования и без применения дефицитных вяжущих приобретает большое значение. Необходимо, чтобы производство таких изделий могло осуществляться в условиях строительных площадок.

Работники треста «Союзнефтеизоляция» (С. Л. Лебедев, А. Я. Сосонская, Е. А. Губина) предложили готовить формованные изделия из минеральной ваты на основе известково-диатомового вяжущего. Это вяжущее, придавая достаточную прочность изделиям, мало утяжеляет их, т. е. мало ухудшает исходные свойства минеральной ваты как термоизоляции. Твердение известково-диатомового вяжу-

При вращении внутреннего барабана от ручки 5 или электропривода через редуктор вата, проходя между гвоздями барабанов, разрыхляется, расчесывается, а комочки отделяются от волокон. Во время вращения барабана корольки опускаются к низу барабана быстрее волокон и проваливаются через сетку 6 в нижней части наружного барабана. Рекомендуются сетки с размерами ячейки около 10 мм.

Оба барабана можно сделать также из листовой стали, укрепленной по деревянным рейкам, пропускаемым только в местах, где проходят гвозди.

Люк 7 для выгрузки разрыхленной ваты шириной около 120 мм расположен по всей длине наружного барабана.

Вату загружают и разгружают в барабан периодически. Длительность вращения барабана — 1÷2 мин.

При ручном вращении барабана и размерах его, указанных на рисунке, через барабан проходит около 0,250 т/час ваты.

Изделия формируются путем заливки массы в разборные металлические формы. Начальная влажность изделий — около 60%. Масса поступает в сушилки в формах. Сушка продолжается в течение 24 — 30 час. при температуре воздуха около 120°С. Остаточная влажность изделий — 20% (относительных).

Изделия транспортируются на вагонетках по узкоколейным путям.

Автоклавная обработка даст лучшие результаты. На Краснопресненском и Куйбышевском силикатных заводах проведены опыты получения изделий из минеральной ваты на диатомо-известковом вяжущем. Влажность (относительная) изделий перед поступлением в автоклав 65 — 68%. Продолжительность обработки изделий в автоклавах при давлении пара 8 атм составила 8 час. Влажность изделий после автоклавной обработки — 50 — 55%, после сушки — 20%.

Свойства термозоляционных изделий, полученных путем обработки в автоклавах и путем только сушки, приведены в таблице.

Состав по весу, %			Объемный вес, кг/м³	Предел проч- ности при изгибе, кг/см²
Минераль- ная вата	Диатомит пензенский	Известь негашеная		
Обработка в сушилках				
50	30	20	470	2,4
30	50	20	440	2,0
25	60	15	466	3,1
Обработка в автоклавах				
65	20	15	383	3,58
55	30	15	402	3,82
50	30	20	460	6,24
40	40	20	470	7,44
25	55	20	505	7,82

Как видно, изделия, получаемые при автоклавной обработке, значительно лучшего качества: они более легкие и более прочные, чем изделия, получаемые при обработке в сушилках. При объемном весе изделий около 450 кг/м³ коэффициент теплопроводности в обоих случаях при температуре 100°С не превышает 0,075 ккал/м час°С.

Инж. Л. Ф. Янкелев

Фасонная вальцовка

После монтажа труб поверхностей нагрева и производства гидравлического испытания устанавливается сепарация в барабане котла.

В процессе пуска котла, а также в период его эксплуатации могут появляться течи в местах вальцовки труб в барабане. Для ликвидации течи необходимо подвальцевать или перевальцевать конец трубы, для чего в некото-

рых случаях приходится демонтировать часть внутрибарабанных устройств, шитов сепарации и другие детали. Для выполнения указанных работ приходится затрачивать значительное количество рабочего времени.

Автором настоящей заметки предложена конструкция вальцовки, позволяющая производить вальцевание не с внутренней стороны, как обычно производят, а с наружной стороны барабана.

Конструкция вальцовки для труб с внутренним диаметром 45 — 50 мм показана на рисунке. Для замены дефектной трубы, давшей течь в местах вальцовки, или для подвальцовки, трубу перерезают на расстоянии 100 мм от наружной поверхности барабана, отводят ее в сторону, подвальцовывают или заменяют и завальцовывают новый кусок трубы, как показано на рисунке, после чего трубы стыкуют и сваривают.

Применение указанной вальцовки дает возможность устранить течи в местах вальцовки труб в барабане, без выемки внутренних устройств, что экономит рабочее время и сокращает простой котла в ремонте.

На монтажном участке № 5 Донбассэнергомонтажа практически проверена работа этой вальцовки, которая дала хорошие результаты.

Д. С. Подымский

О строительстве глубоких вводов 35 кВ в городских электросетях

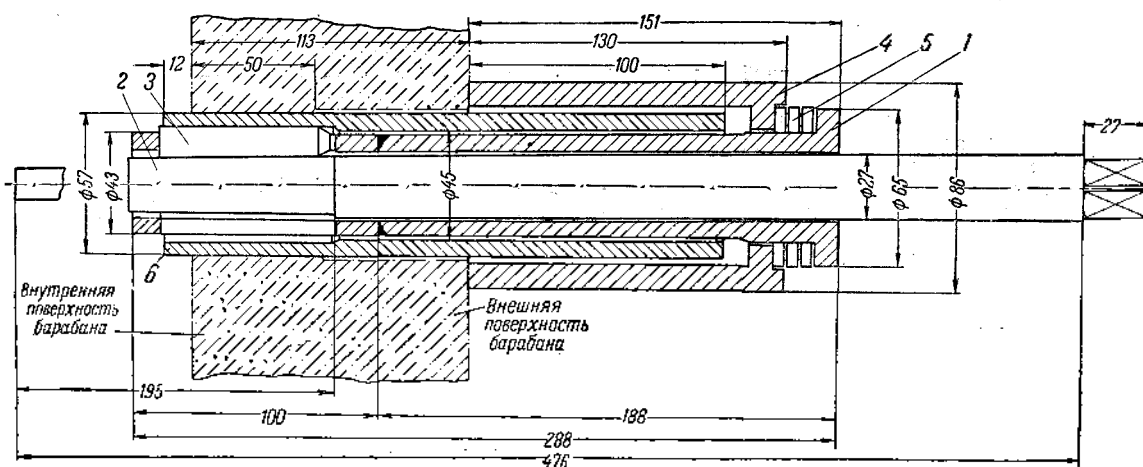
В послевоенный период коммунально-бытовая нагрузка городов резко возросла. В одном крупном областном городе это привело в 1946—1947 гг. к перегрузке городского электросетевого хозяйства, особенно магистральной сети и распределительной кабельной сети 6 кВ и трансформаторов 35/6 кВ городских подстанций. Эксплуатационные показатели работы сети ухудшились, увеличилось число повреждений и значительно возросли потери энергии в сети.

Для обеспечения нормального электроснабжения города наряду с другими организационно-техническими мероприятиями был проведен ряд работ по расширению и реконструкции городских сетей.

Для разгрузки в первую очередь магистральной сети и распределительной кабельной сети 6 кВ было осуществлено строительство одного за другим четырех глубоких воздушных вводов 35 кВ длиной 3,5; 6; 3,3 и 3,5 км в существующие центры нагрузки городской сети 6 кВ (рисунок). На каждом вводе установлено по одному трансформатору мощностью 5 600, 10 000, 7 000 и 5 600 кВА. Вводы осуществлялись в период с 1947 по 1951 г.

Три глубоких ввода 35 кВ (№ 1, 3 и 4) являются тупиковыми и включены в распределительную сеть 6 кВ, а ввод № 2 подведен к шинам одной из городских гидроэлектростанций малой мощности.

Строительство указанных четырех глубоких вводов 35 кВ увеличило пропускную способность городской ка-



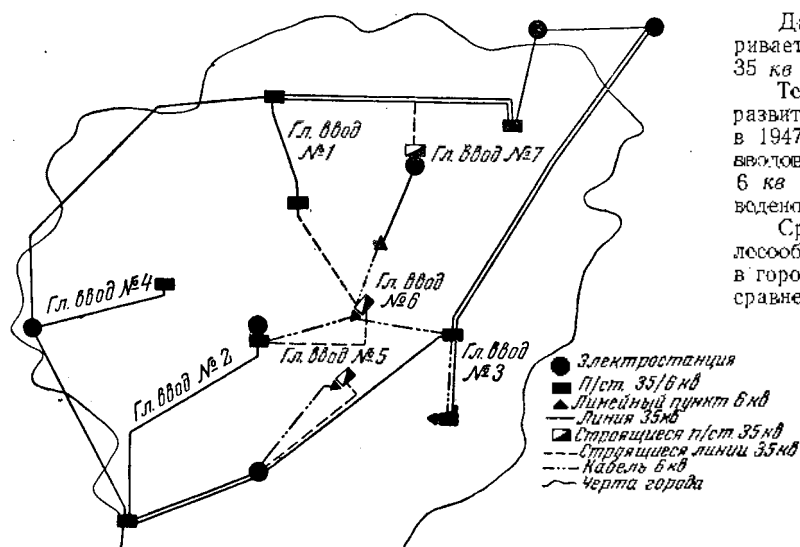
Конструкция вальцовки труб.

1 — корпус; 2 — конус; 3 — ролик; 4 — упор; 5 — упорный шариковый подшипник; 6 — труба.

**Сравнение вариантов глубоких вводов воздушными линиями 35 кВ
с вариантами развития сетки на напряжение 6 кВ кабельными линиями**

Номер глубокого ввода	Вариант исполнения линии; материал опор; длина трассы и сечение проводов	Капитальные затраты, тыс. руб.	Годовые экс- плуатацион- ные расходы, тыс. руб.	Годовые потери электро- энергии		Вес цветных металлов, т
				тыс. кВч	%	
1	Воздушная 35 кВ; металлические; 3,5 км; М-70	410	22	96	0,5	6,3
	Кабельная 6 кВ; 5 км; 2 × (3 × 150)	820	33	870	4,0	72
2	Воздушная 35 кВ; металлические; 6,0 км; М-70, М-95	640	33	450	1,2	13
	Кабельная 6 кВ; 3,5 км; 3 × (3 × 150)	860	35	1 300	3,70	76
3	Воздушная 35 кВ; металлические; 3,3 км; МГ-50	600	21	200,0	0,8	8,4
	Кабельная 6 кВ; 4 км; 2 × (3 × 150)	660	27	1 100,0	4,4	57
4	Воздушная 35 кВ; металлические; 3,51 км; АС-95	330	22	113,0	0,6	3
	Кабельная 6 кВ; 4 км; 2 × (3 × 150)	660	27	604,0	3,00	57

Примечания: 1. Для линий 35 кВ указаны фактические капитальные затраты и годовые эксплуатационные расходы.
2. Для кабельных линий годовые эксплуатационные расходы взяты на основании опыта эксплуатации кабелей 6 кВ городских электросетей.



Состояние городской сети на 1951 г. и проект ее развития.

большой сети и создало относительно нормальный режим работы магистральной сети и частично распределительной кабельной сети 6 кВ в условиях продолжающегося роста нагрузки города. После включения вводов резко снизилось число повреждений и потери энергии.

Стоимость линий электропередачи глубоких вводов выше стоимости обычных линий примерно на 30% за счет большого количества анкерных и угловых опор, двойного крепления проводов и значительных затрат, связанных с отступлениями в городской черте.

Несмотря на то что линии 35 кВ глубоких вводов являются тупиковыми, а трансформаторы не имеют резерва, эксплуатация глубоких вводов достаточно надежна. Все они оборудованы АПВ и АВР.

Все ремонтные работы на линиях электропередачи и подстанциях глубоких вводов, требующие их отключения, производятся в период минимума нагрузки. При этом потребители, не допускающие перерыва в электроснабжении, получают энергию от соседних распределительных пунктов или подстанций через распределительную сеть 6 кВ. Значительная часть ремонтных работ на линиях 35 кВ производится под напряжением без их отключения с помощью специальных приспособлений.

Дальнейшее развитие городских сетей предусматривает строительство еще нескольких глубоких вводов 35 кВ (№ 5, 6 и 7).

Технико-экономическое сравнение двух вариантов развития городских сетей (фактически осуществленного в 1947—1951 гг. путем строительства четырех глубоких вводов 35 кВ и варианта развития сети на напряжение 6 кВ путем прокладки магистральных кабелей) приведено в таблице.

Сравнение результатов неопорно доказывает целесообразность строительства глубоких вводов 35 кВ в городских сетях. Так, по варианту глубоких вводов по сравнению со вторым вариантом:

- 1) величина капитальных затрат меньше примерно в 1,5 раза;
- 2) потери электроэнергии меньше примерно в 4,5 раза;
- 3) годовые эксплуатационные расходы меньше в 1,2 раза;
- 4) расход цветных металлов меньше примерно в 8,5 раза.

Имеется возможность полного отказа от применения меди.

В большинстве городов Советского Союза городские сети являются «узким местом» в развитии городского хозяйства, тормозящим дальнейшее увеличение энергооборуженности городов, их промышленности и особенно быта. Поэтому вопросы правильного развития городских электросетей имеют исключительно важное значение.

Выводы

Описанный опыт позволяет сделать следующие выводы.

1. Метод развития городских сетей путем строительства глубоких вводов 35 кВ является целесообразным.
2. Выдвинутое А. А. Глазуновым положение о целесообразности применения глубоких вводов 35 кВ в городских сетях больших городов¹ полностью подтверждается практикой.
3. Поскольку основным препятствием в практическом применении глубоких вводов 35 кВ в городских сетях являются затруднения, связанные со строительством воздушных линий в условиях городской застройки, необходимо для этой цели всемерно увеличивать выпуск кабеля напряжением 35 кВ.

Инж. Л. И. Бобович

¹ А. А. Глазунов, Пути технического развития электрических сетей больших городов, «Электричество», 1949, № 10.

Выбор шипов для шипового экрана котла

Замена кирпичных зажигательных поясов котлов шиповыми резко улучшает эксплуатацию и дает значительный экономический эффект. На одной электростанции имеется котел, шиповой зажигательный пояс которого работает без капитального ремонта на тощем угле свыше шести лет. На другой электростанции был изготовлен шиповой зажигательный пояс на котле ТКЗ-150/34 с топливом АШ, который работает с марта 1950 г. до настоящего времени без капитального ремонта.

Приведенные примеры свидетельствуют о большой целесообразности замены кирпичных зажигательных поясов шиповыми.

Разрушение шамотных кирпичных поясов котлов, особенно работающих на топливе АШ, происходит в течение 1 ÷ 1,5 мес. эксплуатации. Быстрое разрушение вызывается отсутствием необходимой механической и тепловой связи между кирпичами и экранными трубами и между отдельными кирпичами.

Долговечность шипового зажигательного пояса котла основывается на хорошей механической и тепловой взаимосвязи всех его элементов. Поэтому обоснованный выбор элементов шипового пояса, их материалов, размеров и расположения является весьма важным фактором. Ниже приводятся данные, которыми Оргтрес пользуется при реконструкции котлов электростанций в течение нескольких лет.

В отечественной практике для изготовления шиповых экранов котлов приняты шипы круглого сечения, что обеспечивает оптимальные и равномерные поверхности теплопередачи от огнеупорной массы, окружающей шип, в тело шипа и затем в тело трубы. Шипы круглого сечения также легко поддаются приварке к экранным трубам дуговой электросваркой пистолетом.

Неоднократно поступали предложения об изготовлении шипов прямоугольного или квадратного сечения, которые удобно штамповать из листовой стали. Поверхность прямоугольного шипа больше, чем круглого; температура по поверхности неодинаковая, вследствие чего нарушается равномерность теплопередачи от огнеупорной массы к шипам. Кроме того, приварка шипов прямоугольного сечения дуговой электросваркой пистолетом требует изготовления более трудоемких медных цанг последнего для зажима этих шипов в процессе сварки. Как бы тщательно ни были изготовлены эти цанги, очень часто будет происходить подгорание их в прямых углах. Это резко скажется и на качестве и на производительности сварки шипов. Все это показывает, что применение прямоугольных шипов нецелесообразно.

Следующим весьма важным вопросом в изготовлении шипов является выбор их диаметра.

Можно считать, что между толщиной стенки экранной трубы и диаметром шипа имеется определенная связь. Из теплотехнических условий следует, что чем больше диаметр шипа, тем благоприятнее его температурные условия работы. С точки зрения приварки к трубам применение шипов с очень большим диаметром нежелательно.

Учитывая теплотехнический и технологический факторы, целесообразно на основе нашего опыта выбор диаметра шипов при дуговой автосварке производить по формуле

$$D \geq 2 \delta,$$

При других способах сварки, например при точечной приварке, выбор диаметра шипов может производиться по формуле

$$D = 4 \delta.$$

На практике из-за трудностей снабжения иногда имеют место отклонения от оптимального диаметра шипов. Эти отклонения можно допустить в сторону некоторого увеличения диаметра. Уменьшение диаметра по сравнению

с оптимальным в связи с ухудшением при этом теплопередачи нежелательно.

Широкое применение в течение последних лет нашла дуговая электрическая автоматическая сварка шипов пистолетом под слоем гранулированного флюса. В процессе дуговой автосварки шип является электродом. Нормальный процесс дуговой автосварки требует определенной плотности тока в электроде — шипе, а следовательно, и определенного сварочного тока, который будет действовать одновременно и на участок экранной трубы под шипом. Сварочный ток должен быть достаточным для обеспечения качественной приварки шипов и исключения возможности проплава и особенно прожога стенки трубы под шипами. Практика показывает, что для нормального процесса дуговой автосварки шипов диаметром 12 мм из стали Ст-1 к экранным трубам с толщиной стенки от 5 мм и выше необходим ток порядка 1200 а (при прохождении его в течение 0,3 ÷ 0,4 сек.).

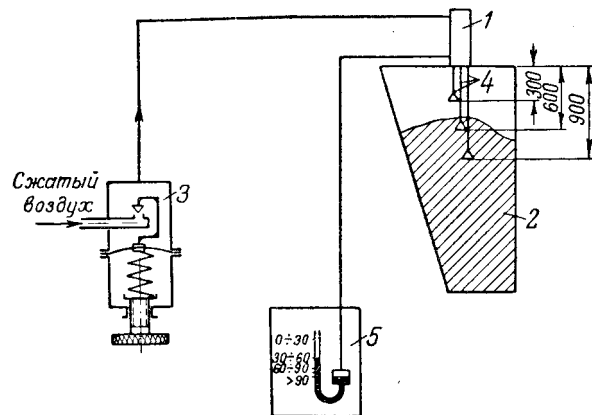
Относительно выбора металла для шипов можно указать, что с точки зрения теплопроводности и термических напряжений целесообразно, чтобы металл шипов был такой же, как и металл труб. В то же время применение дуговой автосварки под слоем флюса требует, чтобы для труб из малоуглеродистой стали применялись малоуглеродистые шипы с содержанием углерода не более 0,25% и серы не более 0,04%. Для экранных труб из сталей марок Ст-20, Ст-10 и 15М автор применял шипы из круглой горячекатанной стали марки Ст-1 и Ст-2.

Инж. П. М. Брайловский

Дистанционный указатель уровня угольной пыли в бункере

Дистанционный указатель уровня пыли в бункере, изготовленный по предложению автора, безотказно работает в продолжение нескольких месяцев. Прибор (см. рисунок) имеет коллектор 1, установленный на крышке пылевого бункера 2. К коллектору подведен воздух от источника с постоянным давлением, например, от компрессоров пневматических регуляторов процесса горения или от дутьевого вентилятора котла. Для поддержания постоянства давления можно применить простейший регулятор давления «после себя» 3, изображенный на рисунке схематически.

Из коллектора 1 воздух выходит через три трубки 4, опущенные в бункер на разную глубину. Трубки имеют диаметр 4 мм и для предупреждения забивания пылью снабжены на концах жестяными раструбами. Давление в коллекторе определяется числом отверстий, открытых для выхода воздуха, т. е. уровнем пыли в бункере. Для измерения этого давления применяется тягometer 5, на шкале



которого указано положение уровня пыли по отношению к крышке бункера.

Градуировка прибора на месте установки при давлении питающего воздуха 175 мм вод. ст. дала следующие результаты:

Расстояние от уровня пыли до верха бункера, см	0÷30	30÷600	60÷90	>90
Число закрытых отверстий	3	2	1	0
Показания тягомера, мм вод. ст.	85	40	20	10

Показания прибора достаточно стабильны. Отклонение от установленных при градуировке значений в работе не превышает ± 2 мм вод. ст.

Инж. В. А. Нахалов

Из опыта эксплуатации котлов энергопоездов М-2,5

Котел энергопоезда производительностью 7,6 т/час, давлением 30 ат при температуре пара 365°С (см. рисунок) имеет поверхности нагрева: конвективного лучка — 139,5 м², экранов — 35,5 м², пароперегревателя — 14 м² и водяного экономайзера — 114 м².

Топка — с цепной решеткой и зонным дутьем шириной 1,6 м, длиной 4,1 м и высотой 2,0 м; активная площадь решетки — 5,25 м², объем топочной камеры — 10,7 м³; производительность дымососа — 21 300 м³/час, напор — 134 мм вод. ст. при 155°С; дутьевого вентилятора — соответственно 11 500 м³/час и 50 мм вод. ст.

Длительный опыт эксплуатации выявил ряд следующих недостатков котлоагрегатов:

1. Недостаточный угол наклона труб потолочного экрана и неудачное подключение к барабану питательных труб экрана (чрезмерно высоко), вследствие чего имеют место циркуляционные повреждения труб.
2. Неудовлетворительные сепарационные устройства.
3. Отсутствие непрерывной продувки из верхнего барабана.
4. Устройство ввода фосфатов в питательную магистраль перед экономайзером, что вело к его забиванию отложениями.
5. Недостаточный напор дутьевого вентилятора.
6. Сильный износ ротора и корпуса дымососа летучей золой (срок службы ротора между подварками 300 ÷ 600 час.).
7. Недостаточная высота дымовой трубы и отсутствие золоуловителя.
8. Отсутствие нормального золоудаления (ручной выгреб золы сбоку котла).

Представляет интерес семилетний опыт работы котлов на различных углях Карагандинского бассейна: буром, промпродукте, рядовом каменном угле, ПЖ, ПС.

Сжигание бурых углей с влажностью до 30% и зольностью до 20% было неудовлетворительным. Вследствие сепарации рядового угля при его поступлении на решетку имело место неравномерное распределение угля на решетке.

Зажигание бурого угля на решетке затягивалось, часто обрывалось, требуя ручного подгребания к фронту раскаленного угля с задней части полотна решетки. Горение значительно улучшалось при работе с подпором (давлением) в топке, вызывавшим загорание угля в угольном бункере; в этом случае топливо поступало на решетку уже подготовленным, быстро разгоралось, и паропроизводительность котла поднималась до 85÷95% от номинальной. Однако сильное дымление бункера создавало тяжелые условия для обслуживающего персонала, исключая возможность такого режима.

При сжигании бурых углей до 50% золы уносится из топки, вследствие чего газоходы (особенно первый) быстро забиваются золой и усиливается износ дымососа.

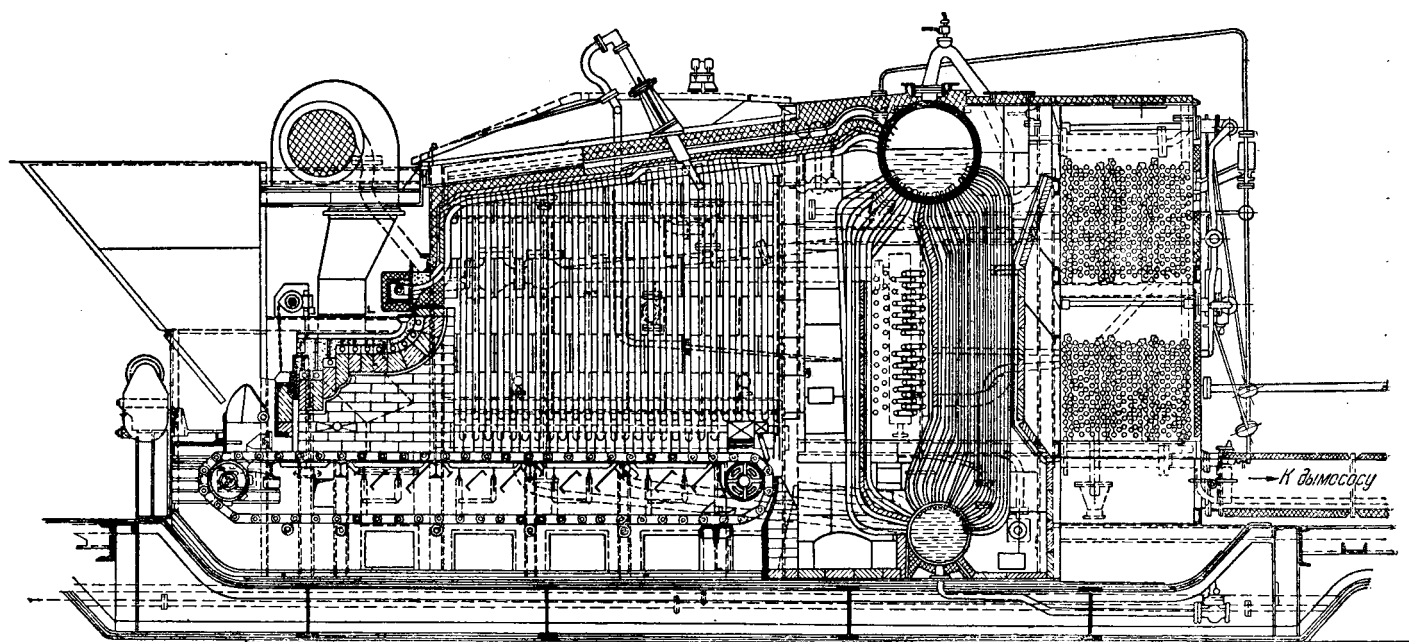
Достигнутое тепловое напряжение колосниковой решетки 1 100 000 ÷ 1 275 000 ккал/м² час. Видимое тепловое напряжение топочного объема достигало 650 000 ÷ 680 000 ккал/м³ час. При этом режиме процесс горения идет с подпором в топке до 14÷18 мм вод. ст.

Сжигание промпродукта продолжалось очень короткий период, так как показало явно неудовлетворительные результаты. Зажигание было очень плохим, не по всей ширине решетки, процесс горения протекал вяло (несмотря на непрерывную шуровку); едва обеспечивалась производительность в 30 ÷ 35% от номинальной. Имело место интенсивное шлакование верхних слоев топлива, вызвавшее ухудшение горения, вплоть до затухания топки. Имелся значительный провал мелочи через решетку.

Сжигание рядового энергетического угля протекало более устойчиво, но при длительной работе начиналось шлакование боковых стен и спекание слоя, нарушавшее процесс горения. Зажигание и этого угля оттягивалось иногда до середины решетки, а разгоревшееся топливо уже подходило к шлакоснимателю и сбрасывалось недогоревшим в шлаковый бункер. Производительность котла не превышала 40% номинальной.

Сжигание рядового угля улучшилось при устройстве в топке зажигательного пояса (для борьбы с шлакованием боковых стенок были установлены охлаждаемые панели), однако большой процент мелочи в угле не позволил довести паропроизводительность котлоагрегата до номинальной.

Сжигание сортированных углей и углей марок ПЖ и ПС производилось после устройства в топке зажигательных поясов и боковых охлаждаемых панелей.



Паровой котел с цепной решеткой.

Паропроизводительность котла доводилась до $6,5 \pm 7,5$ т/час. Однако сжигание угля марки ПЖ сильно затруднялось вследствие его спекаемости. Требовалось частое вмешательство в работу топки, наблюдался перегрев цепей, задержки их движения и прочие затруднения, заставившие отказаться от этого сорта угля.

Наиболее удовлетворительные результаты были получены при сжигании угля марки ПС; он хорошо зажигается и при правильной регулировке воздуха по зонам позволяет удовлетворительно вести процесс горения. Оптимальной толщиной слоя топлива можно считать 140 ± 150 мм; тепловое напряжение решетки доходит до $1\,350\,000 \pm 1\,400\,000$ ккал/м² час, видимое напряжение топочного объема — $750\,000 \pm 760\,000$ ккал/м³ час. Однако и на этом угле потери тепла со шлаком доходят до 15% и с провалом — до $3 \pm 5\%$. Лучшие результаты достигнуты при сжигании сортированного угля той же марки ПС с крупностью кусков не более 20 ± 30 мм.

Влияние мелочи резко сказывается на паропроизводительности: при содержании мелочи больше $40 \pm 45\%$ паропроизводительность уменьшается до $5,5$ т/час, при содержании мелочи до 70% — до $5 \pm 5,2$ т/час.

Таким образом, сжигание на данных цепных решетках несортированных бурых и спекающихся углей не обеспечивает нормальной паропроизводительности котла и сколько-нибудь удовлетворительной экономичности.

Инж. Г. Х. Астапович и инж. А. Т. Меренков

ОТ РЕДАКЦИИ

Практика эксплуатации топок с цепными решетками котлов средней и малой производительности показала целесообразность оборудования этих топок устройствами для пневматической подачи угля на слой. Необходимо смелее внедрять этот метод сжигания рядовых углей, обеспечивающий значительную экономию топлива и повышение производительности котлоагрегатов.

Наладка мазутной топки котлов энергопоезда

Энергопоезд типа В-5,0 мощностью 5000 квт оборудован двумя двухбарабанными вертикально-водотрубными котлами паропроизводительностью по 18 т/час при давлении пара $44,4$ атм (в барабане) и температуре перегретого пара 400°C .

Конвективные поверхности нагрева котлоагрегата состоят из котельного пучка ($F_k = 81$ м²), перегревателя ($F_{пе} = 96$ м²), неотключаемого водяного экономайзера ($F_{вк} = 170$ м², $t'_{в,вк} = 93^\circ\text{C}$, $t''_{в,вк} = 219^\circ\text{C}$) и небольшого трубчатого воздухоподогревателя ($F_{в,п} = 5,1$ м²), рассчитанного на подогрев 480 м³/час воздуха со 140 до 246°C (рис. 1).

Компактность котлоагрегата, характеризуемая удельным паросъемом 120 кг/м² час, достигнута за счет сильного развития экранных поверхностей нагрева ($F_{экp} = 70$ м²) и высоких скоростей газов (40 м/сек в пароперегревателе и 26 м/сек в водяном экономайзере). Из тех же соображений компактности агрегат выполнен с чрезмерно высокой расчетной температурой уходящих газов ($T_{ух} = 316^\circ\text{C}$).

В связи с назначением энергопоезда в район нефтепереработки в мае 1952 г. топки котлов, ранее предназначенные для сжигания твердого топлива, были приспособлены для сжигания жидкого топлива. Для этого приемный бункер, топливоподающее стокерное устройство, полотно колосниковой решетки, шлаковые и золовые бункеры были демонтированы и обмуровка топочной камеры была выполнена так, как показано на рис. 2. Под топочной камерой был выложен на бимсах решетки шамотными плитами толщиной 120 мм. Передний концевой колосник на участке ~ 1500 мм (по 750 мм от продольной оси котла) не был заложен шамотом и через его отверстия подсасывался в топочную камеру воздух.

Мазут при температуре 60°C подается насосом из хранилища в расходный бак (~ 10 м³), откуда поступает

к шестеренчатым насосам производительностью 35 и 50 л/мин при давлении 20 атм. Привод каждого насоса осуществляется асинхронным двигателем в $4,2$ квт. После очистки от механических примесей в фильтрах и нагревания до необходимой температуры в подогревателях мазут поступает в линию на форсунки. На каждом котле установлены

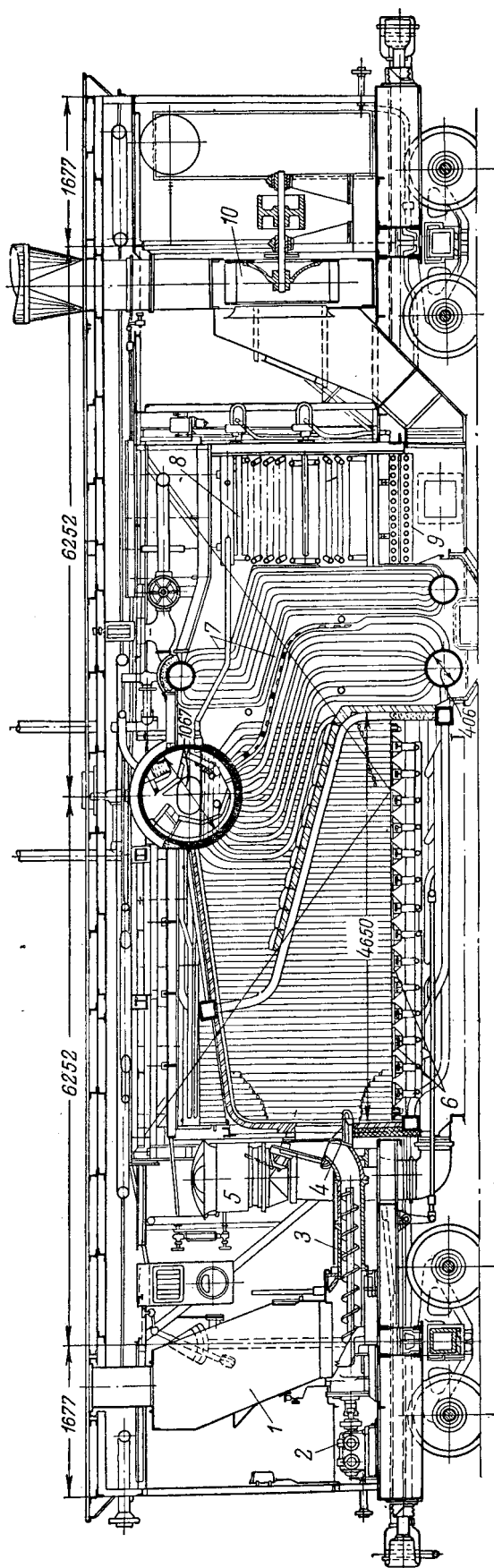
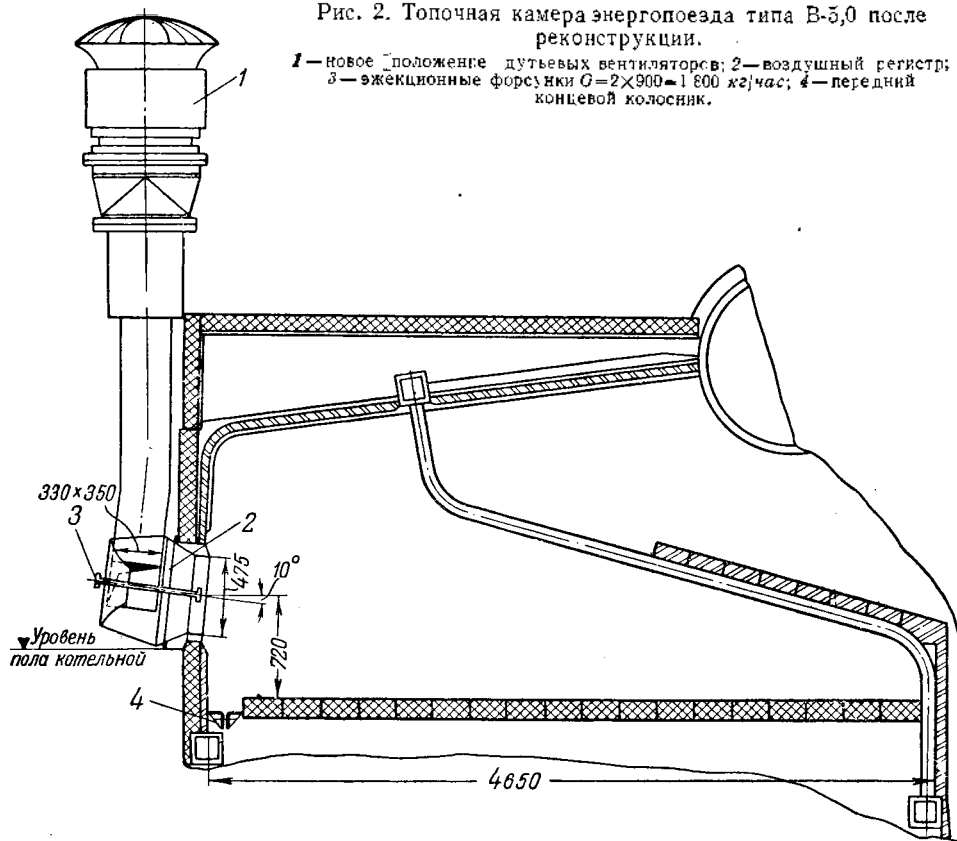


Рис. 1. Котельный агрегат энергопоезда типа В-5,0 до реконструкции ($D = 18,0$ т/час, $p_k = 44,4$ атм, $t_{пе} = 400^\circ\text{C}$, $V_m = 15,7$ м³, $R = 10,3$ м²). 1 — приемный бункер для угля; 2 — стокерная машина; 3 — индек стокера; 4 — распределительная плита; 5 — дутьевые вентиляторы; 6 — колосниковая решетка; 7 — пароперегреватель; 8 — водяной экономайзер; 9 — воздухоподогреватель; 10 — дымоход.

Рис. 2. Топочная камера энергопоезда типа В-5,0 после реконструкции.

1 — новое положение дутьевых вентиляторов; 2 — воздушный регистр; 3 — эжекционные форсунки $G=2 \times 900=1800$ кг/час; 4 — передний концевой колосник.



две паровые форсунки производительностью по 1000 кг/час мазута.

Типовая эжекционная форсунка Главкотлотурбопрома с головкой типа Б имеет максимальную производительность $G=820$ кг/час при давлении пара 16 атм. В рассматриваемом случае была осуществлена подача мазута к форсункам под давлением 3,3–4,5 атм, распыливание же мазута производилось не паром, а сжатым горячим воздухом при $p_{возд}=5,5 \div 7$ атм. Для получения сжатого воздуха использовалась передвижная компрессорная станция, состоящая из трех компрессоров производительностью $4,5 \times 3=13,5$ м³/мин, имеющих электрический привод общей мощностью 150 квт. Для увеличения производительности стандартной форсунки были изменены проходные сечения сопла и диффузора.

Опробование работы котла на мазуте, который отвечает примерно марке 40 ($d_4^{20}=0,964$ г/см³, $\Delta t_3=9,12^\circ$, $AP=0,09\%$ и $S_{пр}^p=2,42\%$) показало, что из-за плохого распыливания топлива форсунками, которые не создавали необходимой дисперсности мазутных частиц, значительное количество топлива в виде крупных наблюдаемых глазом капель выбрасывалось в топочную камеру и частично выпадало на под. Поэтому заполнение топочного объема горящим факелом оказалось плохим, а горение — вялым. Низкий общий пиromетрический уровень в топочной камере и плохое распыливание мазута привели к тому, что процесс горения в пределах топочной камеры не заканчивался и переносился в газоходы котла. Температура уходящих газов при этом повышалась примерно до $400 \div 500^\circ$ С.

Плохая работа форсунок вызвала образование коксовых отложений на поде топочной камеры. Характер коксования после трех суток непрерывной работы виден из рис. 3; оно оказалось настолько значительным, что дальнейшая работа форсунок практически была невозможна, так как высота коксовой горки (~800 мм) была больше высоты расположения форсунок над подом (~720 мм). Наличие коксовых образований объясняется выпадением мазута на под и частичным протеканием в нем процессов пирогазетического разложения, связанных с получением твердого коксового остатка.

Работа форсунок Главкотлотурбопрома вызвала, кроме того, пульсацию, характеризовавшуюся периодическим колебанием статического давления в топке и сопровождавшуюся регулярным выбрасыванием пламени из лючков.

Основной причиной пульсации является, по нашему мнению, попадание топлива на под топочной камеры и периодическое его воспламенение с образованием такого количества газов, которое дымоход не в состоянии был отсосать.

Для улучшения работы установленных на котлах паровых форсунок Главкотлотурбопрома и топочного режима были повышены давление и температура мазута $p_{маз}=10 \div 12$ атм, $t_{маз}=80 \div 90^\circ$ С, улучшена очистка мазута и установлен на выходе из регистра направляющий аппарат, обеспечивший вихревой подвод воздуха к устью форсунок.

В результате указанных мероприятий температура уходящих газов была снижена до нормальной, пульсация резко уменьшилась; при работе каждого из котлов могла устойчиво поддерживаться электрическая нагрузка не более $1300 \div 1500$ квт (без учета собственных паровых нужд энергопоезда), причем нагрузке 1500 квт отвечали условия ухудшенного топочного режима и соответственно пониженный к. п. д. котла. Коксование продолжалось.

Для дальнейшего повышения электрической нагрузки энергопоезда и надежности котлов на одном котле были установлены форсунки типа ЦККБ с механическим распыливанием (рис. 4).

энергопоезда и надежности котлов на одном котле были установлены форсунки типа ЦККБ с механическим распыливанием (рис. 4).

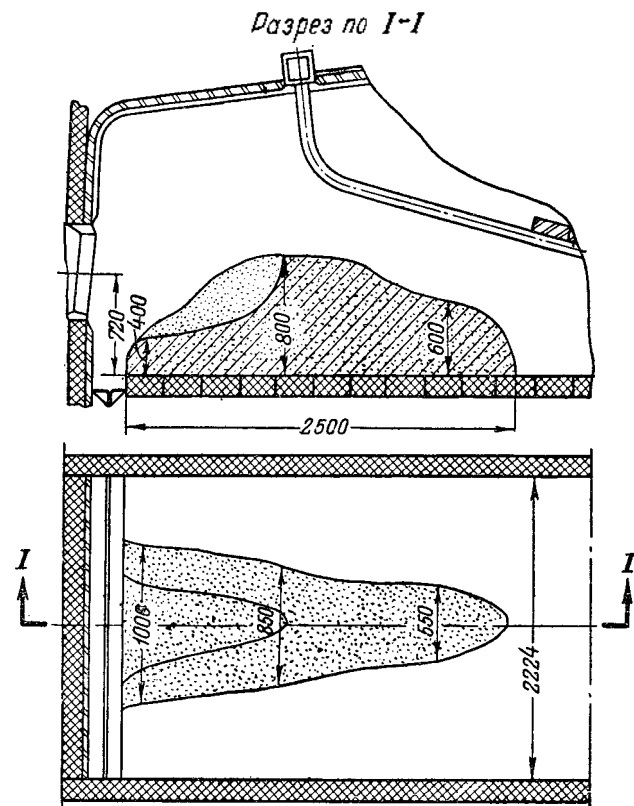


Рис. 3. Характер коксования пода топочной камеры после трех суток работы, форсунки Главкотлотурбопрома ($p_{маз}=3,5 \div 4,5$ атм, $t_{маз}=70^\circ$ С, $p_{возд}=5 \div 7$ атм).

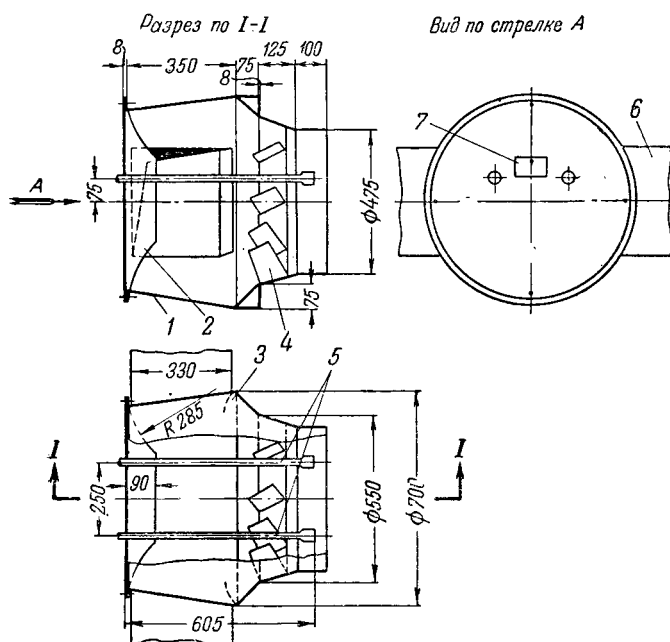


Рис. 4. Воздушный регистр и положение механических форсунок типа ЦККБ.

1—корпус; 2—диффузор; 3—лопатки на выходе из воздушных коробов; 4—направляющий аппарат; 5—механические форсунки; 6—короба дутьевого воздуха; 7—гляделька.

Проверка работы этих форсунок показала, что надежно обеспечивается электрическая нагрузка 2300 кВт (без учета собственных паровых нужд энергопоезда) или сьем пара с котла соответственно достиг $D = 18,5 \text{ т/час}$. Хорошее распыливание и разветвление горящего факела при $p_{\text{маз}} = 15 \div 18 \text{ атм}$, $t_{\text{маз}} = 100^\circ \text{С}$ и давлении воздуха в регистре $p_{\text{рег}} = 50 \div 60 \text{ мм вод. ст.}$ привели к лучшему заполнению факелом топочного объема и устойчивому горению, несмотря на малоблагоприятное размещение двух очень крупных форсунок по 900 кг/час с фронта котла в отверстия диаметром $\sim 500 \text{ мм}$. В результате при нагрузке $2100 \div 2300 \text{ кВт}$ температура уходящих газов не превышала расчетной (316°С) при выведенном из работы воздухоподогревателе, ибо последний работает только на компрессорном воздухе.

В процессе наладки было установлено, что механические форсунки позволяют производить регулировку подачи мазута в пределах изменения давления мазута с 18 до 10 атм , полностью устранили пульсацию и коксовые отложения в топочной камере.

После этого второй котел также был оборудован механическими форсунками того же типа. В результате в настоящее время обеспечивается электрическая нагрузка энергопоезда 4500 кВт и высвобождена компрессорная станция.

Годовая экономия только за счет отказа от использования сжатого воздуха составляет около 300 тыс. руб.

Инж. М. Я. Кригер

ОТ РЕДАКЦИИ

Описываемый т. Кригером перевод котлов на жидкое топливо не типичен, и сам факт перевода котлов с твердого топлива на жидкое является исключением. Однако этот опыт может представить интерес для работников передвижных энергоустановок, эксплуатирующих котлы с мазутным отоплением, пока не переведенных на твердое топливо.

Статические разряды в силовом трансформаторе из-за отсутствия заземления магнитопровода

В октябре 1952 г. в энергосистеме имел место случай статических разрядов при вводе в эксплуатацию однофазного трансформатора (резервной фазы) типа OF-OS-TRdFP 10 тыс. кВА , $81,4 \pm 2 \times 2,5\% / 6,3 \text{ кВ}$, выпуска 1932 г.

Трансформатор после аварии в 1938 г. был восстановлен Московским трансформаторным заводом с заменой обмоток $81,4$ и $6,3 \text{ кВ}$ и до октября 1952 г. в эксплуатацию не вводился.

При восстановлении трансформатора заводом не было выполнено заземление листов стали магнитопровода и его прессующих консолей; прессующие металлические кольца обмоток трансформатора заземление имели.

Измерениями перед вводом трансформатора в эксплуатацию было установлено, что обмотка $6,3 \text{ кВ}$ при 20°С имеет $\text{tg } \delta = 5,9\%$ (предельное значение согласно эксплуатационному циркуляру Технического управления МЭС № 3/Э от апреля 1951 г. — $3,5\%$). Токи утечки обмотки $6,3 \text{ кВ}$ при приложении выпрямленного напряжения 10 кВ составляли 8 мА .

Тангенс угла диэлектрических потерь обмотки $81,4 \text{ кВ}$ имел нормальное значение.

При испытании главной изоляции обмотки $6,3 \text{ кВ}$ напряжением переменного тока 19 кВ в течение 1 мин. в трансформаторе наблюдались разряды (треск). При снижении испытательного напряжения до 10 кВ разряды прекращались.

После включения трансформатора в сеть в нем периодически наблюдались разряды со стороны выводов обмотки $6,3 \text{ кВ}$. Возникло опасение, что отсутствует заземление листов стали магнитопровода и его прессующих массивных деталей или прессующих металлических колец обмоток.

Трансформатор был выведен из работы и после вскрытия его проверкой мегомметром установлено, что отсутствовала цепь между прессующими консолями магнитопровода и кожухом трансформатора.

Соединением медным изолированным проводником прессующих консолей магнитопровода с прессующими кольцами обмоток со стороны выводов $6,3 \text{ кВ}$ было обеспечено заземление всех массивных частей магнитопровода.

Произведенные после этого измерения показали, что тангенс угла диэлектрических потерь обмотки $6,3 \text{ кВ}$ при 20°С снизился до 1% , а токи утечки при выпрямленном напряжении 10 кВ до 2 мА .

Во время испытания обмотки $6,3 \text{ кВ}$ напряжением переменного тока 19 кВ в течение 1 мин. разряды в трансформаторе не наблюдались.

Выводы

Ввиду того, что иногда может иметь место отсутствие заземления стальных листов магнитопровода, его прессующих консолей, а также прессующих массивных деталей обмоток силовых трансформаторов, целесообразно в типовую инструкцию по эксплуатации силовых трансформаторов и в проект перерабатываемых «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» внести требование об обязательной проверке мегомметром наличия цепи между кожухом и указанными деталями сердечника трансформатора.

Инж. В. И. Чернышев

Об определении увлажненности изоляции обмоток трансформаторов

Для определения увлажненности обмоток трансформаторов в настоящее время широко применяется разработанный ЦНИЭЛ МЭС частотно-емкостный метод, т. е. определение отношения емкостей обмоток, измеренных при двух частотах $\left(\frac{C_2}{C_{10}}\right)$. В случае невозможности применения этого метода применяется метод определения увлажнен-

Результаты испытаний изоляции трансформаторных групп № 1 и 2

№ трансформатора	Обмотка	Мегомметром 2500 в через 15, 60 и 600 сек.					Прибором ПКВ			Измерительным мостом			Температура в верхних слоях масла t , °C
		Сопротивление изоляции			Коэффициенты абсорбции		при 2 и 50 гц		$\frac{C_2}{C_{50}}$	tg δ , %	Емкость C , мкмкф	Коэффициент $\frac{C_{гор}}{C_{хол}}$	
		R_{15}'' , МГОМ	R_{60}'' , МГОМ	R_{600}'' , МГОМ	$\frac{R_{60}''}{R_{15}''}$	$\frac{R_{600}''}{R_{60}''}$	C_2 , мкмкф	C_{50} , мкмкф					
1	ВН	1000 170	2000 240	5000 280	2,0 1,41	2,5 1,17	7450 9500	6550 7650	1,14 1,24	0,1 2,3	7075 7150	1,01	+20 +71
2	ВН	780 180	1600 250	4000 345	2,05 1,39	2,5 1,38	8000 10000	8000 8500	1,0 1,18	0,1 1,5	7100 7120	1,0	+22 +67
3	ВН	600 200	1250 280	2200 350	2,08 1,4	1,75 1,25	Не измерялось			0,5 1,8	7230 7330	1,01	+26 +61
1	СН	600 63	2000 78	5000 85	3,34 1,24	2,5 1,09	10000 14500	9300 10000	1,07 1,45	0,3 5,6	9400 9800	1,04	+20 +71
2	СН	600 98	2000 150	7500 200	3,34 1,53	3,5 1,33	9700 13700	9600 10000	1,01 1,37	0,2 2,2	9200 9370	1,01	+22 +67
3	СН	450 85	1100 130	2200 173	2,45 1,53	2,0 1,34	Не измерялось			0,5 2,6	9160 9360	1,02	+26 +61
1	НН	650 85	1650 110	4900 125	2,54 1,3	2,97 1,14	12000 15000	11500 11000	1,04 1,36	0,1 3,4	10750 10950	1,02	+20 +71
2	НН	600 120	1700 165	5000 225	2,84 1,36	2,94 1,36	12000 15000	11500 11000	1,04 1,36	0,3 2,0	10700 10850	1,01	+22 +67
3	НН	450 100	1500 155	3500 200	3,34 1,55	2,33 1,28	Не измерялось			0,5 2,0	10850 10920	1,01	+26 +61
4	ВН	650	1300	2800	2,0	2,15	7300	6640	1,09	0,3	7325	—	+26
5	ВН	340	670	1250	1,97	1,87	8500	8000	1,06	0,8	7481	—	+20
6	ВН	560	1200	2400	2,1	2,0	8000	8000	1,0	0,4	7291	—	+22
4	СН	450	950	1900	2,11	2,0	9900	9050	1,09	0,5	9550	—	+26
5	СН	170	280	680	1,65	2,24	10600	10000	1,06	1,5	9710	—	+20
6	СН	290	560	1400	1,9	2,5	10500	10000	1,05	0,9	9584	—	+22
4	НН	480	1200	2500	2,5	2,08	12000	11000	1,09	0,4	11100	—	+26
5	НН	180	320	700	1,78	2,24	12300	11000	1,12	1,2	11222	—	+20
6	НН	330	680	1600	2,0	2,35	11600	11000	1,06	0,6	11116	—	+22

Нормы
(в соответствии с эксплуатационным циркуляром Технического управления Министерства № 3/Э за 1951 г.):

Не выше 1,3 Не выше 2,5%

Для температуры +20° C

Не выше 1,3

ности по величине tg δ , также не требующий подогрева трансформатора.

В энергосистемах эти методы введены как обязательные уже несколько лет и дают положительные результаты.

Между тем Московский трансформаторный завод продолжает до сих пор через свои инструкции и шефперсонал настаивать на применении во всех случаях старых методов, требующих для своего выполнения нагрева трансформатора.

Эти необоснованные требования ведут к задержке ввода трансформаторов в эксплуатацию и к излишним затратам труда, материалов и электроэнергии, что можно видеть из следующего примера.

На одной из крупных гидроэлектростанций подлежала вводу в эксплуатацию трансформаторная группа 100 тыс. кВА, 220/110/10,5 кВ. После доставки трансформаторов с завода они были залиты сухим маслом. Герметичность кожуха не была проверена. Результаты измерений $\frac{C_2}{C_{50}}$ как до,

так и после осмотра¹ показали, что обмотки находятся в сухом состоянии (см. таблицу, трансформаторы № 1, 2 и 3). Хорошие результаты дали также произведенные для контроля измерения tg δ и коэффициента абсорбции изоляции обмоток. Электрическая прочность масла, спустя 3—4 недели после заливки, была не ниже 50 кВ. Несмотря на эти показатели, шефперсонал МТЗ настоял на прогреве трансформаторов методом индукционных потерь для

определения отношения емкостей в горячем и холодном состояниях $\frac{C_{гор}}{C_{хол}}$ и для измерения сопротивления изоляции

в горячем состоянии. Кроме этого, выдвигалось требование контрольной подсушки трансформаторов.

Как видно из таблицы, для трансформаторов № 1, 2 и 3 результаты измерений в горячем состоянии подтвердили полностью заключение о сухом состоянии обмоток.

Трансформаторная группа была включена в работу без подсушки и работает без аварии.

Испытания второй трансформаторной группы той же мощности, проведенные в холодном состоянии, также показали удовлетворительные результаты (см. таблицу, трансформаторы № 4, 5 и 6).

Однако завод продолжает настаивать на контрольном прогреве трансформаторов, выдвигая при этом, кроме проверки увлажненности, еще и соображения необходимости прогрева для выделения воздуха из масла. Целесообразность последнего также сомнительна, тем более, что вследствие задержки со вводом одного из генераторов группа простояла на фундаменте после осмотра и доливки несколько месяцев.

Вызывает возражение типовая форма выписки из протокола заводских испытаний, присылаемой вместе с трансформатором. В ней отсутствуют графы для таких необходимых данных, как коэффициент абсорбции, емкость при двух частотах и др. Приводимые в выписке величины сопротивлений изоляции не могут быть использованы для сравнения при монтаже, так как обычно в выписке не указывается время отсчета показаний.

¹ Все измерения произведены инж. Е. И. Пантелькиным.

Руководство Московского трансформаторного завода должно, наконец, изменить свою позицию в части новых методов определения увлажненности изоляции либо технически обосновать свои возражения.

Инж. Л. В. Росман

ОТ РЕДАКЦИИ

Редакция обращает внимание руководства Московского трансформаторного завода на необходимость применения новых методов испытаний и монтажа трансформаторов.

Вибрация панелей главного щита управления

На одной теплоэлектроцентрали неудовлетворительно эксплуатировалось оборудование котельной — дымососы и дутьевые вентиляторы, расположенные на дымососной площадке (отметка 15,4 м).

Лопатки дымососов, имеющие скорость вращения 1000 об/мин, ввиду отсутствия золоулавливания быстро изнашивались, что вызывало разбалансировку роторов дымососов и сильную вибрацию валов.

При такой работе разбалансированного дымососа все оборудование, расположенное в дымососном и соседних с ним помещениях, приходило в колебание; заканчивающееся зачастую нарушением креплений механизмов и трубопроводов, разрушением слоя теплоизоляции и т. д.

Вибрация дымососов при определенных условиях, в свою очередь, приводила к вибрации металлических конструкций здания, а также другого оборудования, удаленного от них на достаточно большое расстояние, но связанного с дымососным помещением через металлические конструкции здания электростанции.

Главный щит управления тэц размером 14,4×21,5 м был расположен в помещении, представляющем вид мостика между турбинным залом и главным распределительным устройством 6,3 кв на отметке 11,5 м. Этот мостик выполнен в виде консольной балки, жестко соединенной с каркасом здания машинного зала и соприкасающейся свободным концом через температурный шов с помещением главного распределительного устройства. Со стороны главного распределительного устройства мостик покоится на железобетонной опоре, которая для длительного ударного воздействия свободного конца консоли несколько заглубилась в землю, в результате чего получилась просадка пола и смещение штукатурки потолка, стен и т. п.

Железобетонная опора под консолью со стороны машинного зала заметных изменений не получила благодаря меньшему влиянию вибрации жестко закрепленного конца балки.

Мостик, в котором помещается главный щит управления, расположен по оси, проходящей примерно посредине длины машинного зала и котельной. При появлении вибрации дымососов начиналась вибрация помещения главного щита.

Замечено, что при вибрации крайних дымососов преобладает горизонтальная вибрация консольной балки помещения главного щита, при вибрации же средних дымососов (расположенных примерно по одной оси с главным щитом управления) преобладает вертикальная вибрация.

Закладываемые в стены помещения главного щита реперы всегда разрушались, что указывало на наличие недопустимой вибрации здания.

При резонансе частоты колебаний, вызванных вибрацией дымососа, с собственной частотой колебаний некоторых панелей релейной защиты главного щита возникает вибрация панелей.

Измерение вибраций виброметром показано, что величина их в некоторые периоды доходит до 1–3 мм. Такие вибрации вызывали ложное срабатывание установленной на панелях аппаратуры релейной защиты.

В эксплуатации тэц был случай ложной работы защиты от замыканий на корпус генератора 25 тыс. квт, в результате чего произошло отключение генератора. Генератор простоял несколько часов, пока не была проверена и испытана изоляция цепей, и затем был снова пущен.

Второй случай произошел с защитой линии 35 кв, когда из-за сильной вибрации панелей начинала работать эта защита и ее пришлось отключать до устранения разбалансировки вибрировавшего дымососа.

Предпринятые меры для уменьшения отрицательного влияния вибрации механического оборудования котельной были направлены по следующему пути:

1. Ужесточены крепления панелей главного щита управления путем установки дополнительных распорок между верхом панели и стеной, а также поперечных стяжек по 1–2 шт. (внизу и посредине).

2. Приняты меры для уменьшения вибрации релейной аппаратуры путем применения войлочных и резиновых подкладок под приборы, ужесточения контактов и т. д.

3. Проведены мероприятия по устранению и уменьшению вибрации дымососов от частых разбалансировок роторов дымососов и дутьевых вентиляторов; начато строительство золоулавливающих устройств, что значительно уменьшит износ лопаток дымососов, и введена регулярная динамическая и статическая балансировка роторов дымососов. Работа дымососов при разбалансировке не допускается.

4. Начат перевод дымососов на малые скорости вращения ($n = 500 - 700$ об/мин), что значительно уменьшит износ, а в случае разбалансировки роторов дымососов уменьшит их вибрацию.

Радикальным средством было бы полное отделение помещения главного щита управления от металлического каркаса главного здания электростанции.

Инж. Н. А. Корж

Измерение частоты при наладке телеизмерительной аппаратуры системы Орггрэс-„Электропульт“

При проведении наладочных работ и эксплуатации телеизмерительной аппаратуры системы Орггрэс-„Электропульт“ требуется измерять звуковую частоту.

Измерение частоты при телеизмерении составляет всего 40–180 гц при применяемых диапазонах частот (соответственно для крайних каналов $320 \div 360$ гц и $1820 \div 2000$ гц). При этом ошибка измерения частоты в $1 \div 2$ гц для канала с меньшей частотой вызывает погрешность измерения $2 \div 4\%$.

Выпускаемый промышленностью измеритель частоты типа ИЧ-5 на диапазоне 500 гц имеет цену деления 5 гц при ширине деления 1 мм. Учитывая затруднение отсчета $1 \div 2$ гц по данной шкале и возможную погрешность прибора, составляющую $2 \div 3$ гц, можно сказать, что измеритель ИЧ-5 должен использоваться при наладке и эксплуатации телеизмерения только для ориентировки.

Использование описываемого ниже способа измерения частоты уже в течение двух лет при наладке и эксплуатации телеизмерения в одной крупной энергосистеме дало удовлетворительные результаты.

Этот способ известен под названием «пунктирного колеса». Измерение ведется с помощью электронно-лучевого осциллографа, стрелочного частотомера и генератора промышленной частоты.

Как видно из рис. 1, на пластины вертикального и горизонтального входа осциллографа подается промыш-

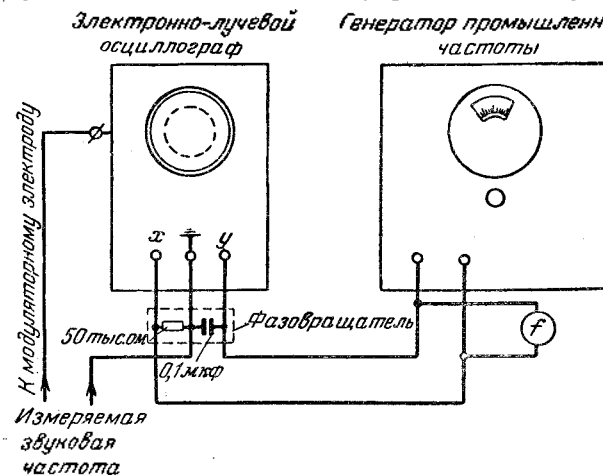


Рис. 1. Схема для измерения частоты с помощью электронно-лучевого осциллографа.

ленная частота от генератора, мощность которого определяется потреблением частотомера (не менее $10 \div 12$ Вт). Таким генератором может быть вращающийся или ламповый генератор, например типа ЦНИЭЛ и др. Пределы регулирования промышленной частоты определяются шкалой имеющегося частотомера, например $46 \div 52$ Гц.

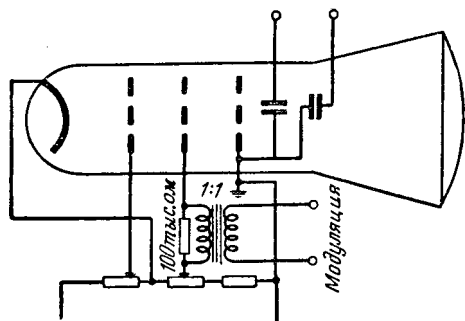


Рис. 2. Схема измерения частоты при отсутствии модуляторного электрода.

С помощью фазовращателя RC на экране электронно-лучевой трубки получают круг или эллипс. Значения R и C могут быть иными в зависимости от типа осциллографа. Измеряемая частота подается на модуляторный электрод и на землю (имеется у осциллографа типа ЭО-5). Величина тональной частоты может быть от долей вольта и выше. Если модуляторного электрода нет, то внутри осциллографа в цепь движка «яркость» врезается сопротивление 100 тыс. ом, на которое через промежуточный трансформатор (или через конденсатор 0,1 мкФ) подается измеряемая частота (рис. 2).

Как указывалось выше, с помощью фазовращателя RC получают на экране осциллографа круг. При подаче на осциллограф звуковой частоты вместо сплошной линии круга образуется пунктир. Число черточек показывает, во сколько раз высшая частота больше низшей.

Частоты могут иметь и дробную кратность, при этом «пунктирное колесо» вращается в ту или иную сторону.

Изменением промышленной частоты от генератора добиваются полной остановки «пунктирного колеса». Частота генератора должна измеряться образцовым частотомером класса $0,2 \div 0,5$. Имея точное значение промышленной частоты, нетрудно подсчитать величину звуковой частоты. Например, пунктирное колесо имеет 7 черточек, а прибор показал 48,64 Гц, тогда тональная частота составит $48,64 \times 7 = 340,48$ Гц.

Как показал опыт, этот способ по точности вполне достаточен для проверки аппаратуры телеизмерения на частотном принципе и значительно превосходит по чувствительности и точности измерения произведенные измерителем типа ИЧ-5.

Инж. Л. Х. Герцман

ОТ РЕДАКЦИИ

Помещая заметку г. Герцмана об одном из возможных способов измерения звуковых частот в устройствах телеизмерения, редакция считает необходимым отметить, что автор переоценивает точность этого способа. В системе Оргрэс-«Электропульт» частота изменяется на $\pm 5\%$ от среднего значения (всего на 10%) и, следовательно, измерение промышленной частоты указанным способом с помощью частотомера класса 0,2 даст точность 2% от шкалы прибора телеизмерения, а при частотомере класса 0,5 — только 5%.

При отсутствии измерителя частоты этот способ может быть использован, но тоже в качестве приближенного.



Х Р О Н И К А

В Техническом управлении Министерства

О количестве изоляторов в подвесной гирлянде 154 кВ

Гирлянды изоляторов линий электропередачи 154 кВ, состоящие из 11 элементов П-4,5, имеют значительный запас электрической прочности, в соответствии с чем Техническое управление приняло следующее решение (№ 3/Э от 15 января 1953 г.):

1. Уменьшить количество изоляторов типа П-4,5 в гирлянде 154 кВ на один элемент на вновь строящихся линиях.

2. В табл. 6 § 29 раздела «Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1000 В» «Правил устройства электротехнических установок» количество изоляторов в поддерживающих гирляндах 154-кВ металлических опор принять равным 10 вместо 11, указанных в этой таблице.

В Производственно-техническом управлении по строительству и монтажу

О технических условиях на производство подводных бетонных работ

Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники им. Веденеева разработаны и Производственно-техническим управлением по строительству и монтажу утверждены «Технические условия на производство подводных бетонных работ».

Технические условия составлены на базе обобщения исследовательских материалов ВНИИГ и других научно-исследовательских учреждений и анализа опыта применения подводного бетонирования при возведении гидротехнических сооружений.

Технические условия рассматривают два способа подводного бетонирования без устройств осушенных котлованов, а именно: способом вертикально перемещающейся трубы и способом восходящего фактора.

Помимо технологии производства в технических условиях рассматриваются также вопросы организации подводных бетонных работ.

Научно-техническая сессия по ионному обмену

За последние годы в народном хозяйстве, науке и технике чрезвычайно большое значение приобрели процессы ионного обмена. Широкое развитие научно-исследовательских работ по теории ионообменных процессов, по синтезу ионообменивающих веществ и изучению их физико-химических свойств, а также эффективное использование процессов ионного обмена в различных областях науки и промышленности вызвало большой интерес со стороны работников различных специальностей к происходившей в Москве с 3 по 6 июня 1952 г. научно-технической сессии по ионному обмену, созванной Комиссией пара высоких параметров при ЭНИН Академии наук СССР, Институтом физической химии Академии наук СССР и Институтом высокомолекулярных соединений Академии наук СССР. В работе сессии приняли деятельное участие представители институтов Академии наук СССР, отраслевых научно-исследовательских институтов, вузов, а также различных отраслей промышленности и народного хозяйства.

Во вступительном слове председатель Оргкомитета, проф., доктор химических наук К. В. Чмутов кратко доложил о состоянии научных знаний по основным вопросам программы сессии и указал на наиболее важные моменты, требующие детального рассмотрения. Докладчик отметил, что по существу все обсуждаемые на сессии вопросы вытекают из работ замечательного русского ученого М. С. Цвета и являются дальнейшим успешным развитием выдающихся работ русских ученых — К. К. Гедройца, Н. А. Шилова, Е. Н. Гапона и Б. П. Никольского.

На сессии было заслушано около 40 докладов и обсуждены четыре основных вопроса: а) теория ионного обмена; б) синтез ионообменивающих веществ; в) исследование и испытание ионообменивающих веществ; г) применение ионообменивающих веществ.

а) Теория ионного обмена. Основные направления в разработке теории ионного обмена сводятся к изучению законов статистики, динамики и кинетики ионного обмена особенно на наиболее важных в практическом отношении материалах — синтетических органических ионообменивающих веществах.

Изучению закономерностей статистики ионного обмена были посвящены доклады канд. техн. наук К. М. Саладзе (Институт чистых химических реактивов) «О количественных законах, управляющих процессом ионного обмена» и канд. хим. наук А. Т. Давыдова (Харьковский Государственный университет) — «О закономерностях при обмене ионов на ионитах отечественного производства». Вопросы динамики ионного обмена были представлены докладами канд. физ.-мат. наук В. В. Рачинского (Тимирязевская сельскохозяйственная академия) — «Современное состояние ионообменной хроматографии» и доктора хим. наук Н. Н. Туницкого (Института им. Карпова) — «К теории размытия хроматографических полос». Кинетике ионного обмена был посвящен доклад канд. техн. наук М. Я. Романюк (Институт органической химии Академии наук УССР) «Диффузионные процессы при ионном обмене».

б) Синтез ионообменивающих веществ. История использования процессов ионного обмена для водоподготовки исчисляется примерно 50 годами. Для нее характерен переход от умягчения воды к обессоливанию со все возрастающей глубиной обессоливания вод. Удовлетворение все возрастающих запросов современной техники может быть обеспечено в первую очередь существенным усовершенствованием ионообменивающих веществ. В настоящее время известны высокочемические стойкие и механически прочные синтетические ионообменивающие вещества. Задача обессоливания воды могла найти свое решение лишь после создания веществ, способных к обмену анионов-анионитов.

В настоящее время известны и разрабатываются разнообразные марки катионитов и анионитов. Вопрос о синтезе и промышленном воспроизведении лучших образцов ионообменивающих веществ явился одним из главных на сессии. Сессия отметила, что в синтезе высококачественных отечественных катионитов и анионитов достигнуты большие успехи; однако в ряде случаев несколько отстает промышленное воспроизводство синтезированных институтами марок. Известным препятствием к широкому использованию ионообменивающих веществ в водоподготовке является их сравнительно высокая стоимость. Сессия отметила также необходимость продажи ионообменивающих веществ, требующихся для целей химического анализа, в мелкой расфасовке наравне с химическими реактивами.

в) Исследование и испытание ионообменивающих веществ. В докладах на сессии наиболее полно была охарактеризована обменная емкость катионитов и анионитов, причем при выборе показателей докладчики исходили из основных положений теории ионного обмена. Было показано, что целесообразно определять полную обменную емкость (методом потенциометрического титрования отдельных навесок) и обменную емкость в динамических условиях; первый показатель передает полную обменную емкость в статических условиях в средах любой кислотности, второй — позволяет оценить избирательность действия исследуемого образца и охарактеризовать кинетические свойства ионообменника. Детальное изучение большого количества отечественных и иностранных ионо-

обменивающих веществ позволило сделать вывод, что ряд отечественных катионитов и анионитов превосходит по качеству лучшие иностранные образцы.

Интерес представляет доклад Ф. Г. Прохорова (Всероссийский теплотехнический институт) — «Ионитовые материалы и проблема глубокого химического обессоливания природных вод и конденсатов», в котором был приведен материал по исследованию различных образцов анионитов с точки зрения возможности их использования в промышленности водоподготовки. Докладчик показал, что основным недостатком многих анионитов является приобретение ими в процессе эксплуатации амфотерных свойств («старение»). Это приводит к понижению рабочей емкости анионитов и к ухудшению полноты поглощения анионов из фильтруемых растворов, обусловливаемого появлением химически активных групп, способных к обмену катионов. Согласно исследованиям докладчика старение анионитов происходит вследствие окисления части их органической массы растворенным в воде кислородом воздуха. Устранение амфотерности анионитов, возникшей в результате их старения, представляет большую техническую трудность. В целях возможного уменьшения окисления анионитов следует выпускать и хранить их не в гидроксильной, а в кислой форме. Желательно также возможно более полное удаление растворенного кислорода из обрабатываемых вод. Из опробованных докладчиком отечественных анионитов и вофатитов относительно устойчивыми к окислению оказались анионит АН-1 («эспатит ТМ») и аналогичные ему образцы.

Сессия отметила, что в настоящее время сравнительные испытания образцов проводятся не по единой методике ввиду отсутствия стандарта, позволяющего полно охарактеризовать все показатели, интересующие разнообразных потребителей. Работа по созданию единого всеобъемлющего стандарта не завершена. В разработке стандарта методики испытания ионообменивающих веществ наметились два подхода: один из них исходит из требований, предъявляемых практикой эксплуатации ионообменников в динамических условиях в промышленных масштабах и отражает главным образом требования водоподготовки; второй исходит из рассмотрения статистики и кинетики работ ионообменивающих веществ и отражает преимущественно требования, предъявляемые к катионитам и анионитам хроматографической практикой.

В связи с большим разнообразием требований, предъявляемых к ионообменивающим веществам со стороны многочисленных потребителей, сессия рекомендовала всем организациям, применяющим иониты, сообщить свои специфические требования Комиссии по хроматографии, на которую будет возложена координация работы по созданию единого стандарта методики испытаний ионообменивающих веществ.

г) Применение ионообменивающих веществ. Ионообменивающие вещества применяются как для очистки вод и ряда других растворов от минеральных примесей или для извлечения ценных компонентов из отходов производства, так и для хроматографического разделения смесей близких по свойствам компонентов в аналитических и технологических целях. В своих решениях сессия отметила необходимость увеличения ассортимента выпускаемых промышленностью ионообменивающих веществ и снижения их стоимости для дальнейшего расширения области применения ионитов, а также целесообразность разработки типовой ионообменной аппаратуры.

По каждому из рассмотренных вопросов сессия приняла конкретные решения, намечающие пути дальнейшего развития, изучения и применения процессов ионного обмена и ионообменной хроматографии.

Сессия отметила важность расширения ассортимента выпускаемых промышленностью катионитов и анионитов и рекомендовала Министерству химической промышленности наладить массовое производство высокоэффективных и недорогих ионообменивающих веществ из числа образцов, наиболее зарекомендовавших себя при предварительных испытаниях на лабораторных и укрупненных установках.

Канд. хим. наук М. М. Сенявин



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Е. Я. Гуревич, Эксплуатация синхронных компенсаторов, М.—Л., Госэнергоиздат, 1952, 200 стр.

Развитие советской энергетики обуславливает все более и более широкое применение компенсирующих устройств и, в частности, синхронных компенсаторов.

Мощные синхронные компенсаторы в настоящее время устанавливаются не только в энергосистемах, но и в электрохозяйстве промышленных предприятий. В практической деятельности до сего времени ощущался недостаток в руководстве, в котором были бы собраны исчерпывающие данные по эксплуатации и ремонту синхронных компенсаторов.

Рецензируемая книга в значительной мере восполняет этот пробел. Автор впервые собрал и систематизировал материал, содержащийся в ряде работ по синхронным машинам, в журнальных статьях и заметках. Материал уточнен и дополнен на основе личного опыта автора в крупнейшей энергосистеме. Наибольшее отражение личный опыт автора нашел во второй половине книги, которой и определяется в основном ценность выполненной им работы для лиц, занимающихся эксплуатацией и ремонтом синхронных компенсаторов.

Содержание книги разбито на девять глав. В первой главе дается представление о конструкции статора и ротора компенсаторов. Для лиц, непосредственно занимающихся эксплуатацией этих машин, описание известных им деталей принесет немалую пользу. Было бы желательно дать в этой главе полные монтажные схемы обмоток основных типов синхронных компенсаторов, выпускавшихся и выпускаемых отечественной промышленностью. Эти данные были бы очень полезны для быстрого определения на разобранной машине поврежденных секций. Такой материал можно было бы связать с ремонтными работами, указав, что на практике поврежденные секции нередко вырезаются и что при правильном проведении этой операции обеспечивается возможность в зависимости от количества поврежденных секций сохранить 80 ÷ 90% номинальной мощности машины. Опыт показал, что после такого ремонта синхронный компенсатор может вполне надежно работать длительное время и во всяком случае до момента полной подготовки к замене поврежденных секций.

Во второй главе приведен материал о возбуждении генераторов: даны схемы возбуждения, описание возбуждителей, работы щеток, автоматического регулирования возбуждения и гашения поля.

Сделанное выше замечание об излишней детализации относится и к этой главе. Было бы желательно и этому материалу придать более эксплуатационный характер. Особенно это относится к описанию щеточного контакта. В частности, следовало бы предостеречь от излишней проточки коллекторов, особо отметив, что к этому мероприятию нужно прибегать только в случаях действительной необходимости, так как излишняя и порой ненужная проточка резко сокращает срок службы коллекторов.

В этой же главе необходимо было указать на особенности установки и эксплуатации возбуждателей с шариковыми подшипниками, поскольку таковые, хотя и редко, но на практике встречаются.

Третья и четвертая главы, посвященные вспомогательному и пусковому оборудованию и разбору процесса пуска компенсаторов представляют значительный интерес. Можно высказать пожелание только о некоторых дополнениях к следующему материалу. Схемы пуска синхронных компенсаторов следует дополнить указанием на возможность

разгона машины от сети через любой понижающий силовой трансформатор (вторичное напряжение и мощность которого соответствуют условиям запуска данной машины) с последующим автоматическим переключением на полное напряжение сети. Учитывая кратковременность пусковых токов, мощность трансформатора может быть сравнительно небольшой.

Было бы уместно здесь же сказать об использовании неработающих генераторов в качестве синхронных компенсаторов, приводя результаты работы ЦНИЭЛ по асинхронному пуску, определяющие условия, при которых генератор в отдельных случаях может быть развернут от полного напряжения сети либо через выделяемый для этой цели трансформатор.

В четвертой главе следовало бы упомянуть о схемах подключения разгонных электродвигателей к распределительным устройствам. Практика показала полную возможность без какого-либо ущерба для надежной работы установок при наличии на подстанции двух и более компенсаторов подключать разгонные электродвигатели нескольких машин к одному общему выключателю через разъединители. При такой схеме подключения разгонных электродвигателей уже при двух компенсаторах дорогостоящее распределительное устройство 6 ÷ 10 кВ подстанций 35 ÷ 110 кВ сокращается на одну ячейку.

В пятой главе рассматриваются вопросы потерь и нагрева компенсаторов и даются некоторые советы по эксплуатации системы охлаждения машин.

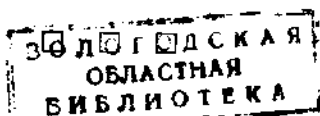
Главы шестая и восьмая посвящены методам контроля и испытания изоляции и паек и различным измерениям при ремонтах машины.

В главе седьмой подробно освещены процессы разборки и сборки машин, а в главе девятой — методы ремонта отдельных деталей, балансировка агрегата и сушка. Как было сказано выше, последние четыре главы мы считаем наиболее ценными в книге. Возражение вызывает лишь часть материала по сушке компенсаторов, содержащаяся в конце последней главы (девятой). Автор не вполне правильно осветил этот вопрос и совершенно не остановился на новых воззрениях на природу увлажнения изоляции машин. Так, например, на стр. 190 он заявляет, что «Необходимость и даже обязательность сушки возникает после окончания монтажа нового компенсатора и после ремонтов, связанных со сменой части обмотки». Это утверждение в настоящее время уже не отвечает накопленному эксплуатационному опыту. Включение без сушки как новых синхронных компенсаторов, так и прошедших ремонт с частичной или полной заменой обмоток стало на практике частым явлением.

Помешенное в конце книги приложение № 2 «Некоторые данные по синхронным компенсаторам серии КС завода «Электросила» желательно было бы дополнить такими же сведениями по всем остальным синхронным компенсаторам, ранее выпущенным нашей электропромышленностью и успешно работающим в настоящее время в энергосистемах и промышленных предприятиях.

В целом рассматриваемая книга будет очень полезным пособием работникам эксплуатации, занятым обслуживанием синхронных компенсаторов. Использование приведенных автором многочисленных практических рекомендаций, безусловно, повысит качество ремонтов, обслуживания и надежность работы синхронных компенсаторов, без которых в настоящее время не может быть обеспечена нормальная работа мощных энергетических систем.

Инж. Т. П. Мусатов



Сдано в набор 26/II 1953 г.
Объем 8 печ. л.
Т-02925

Уч.-изд. л. 10,8
Тираж 11 540 экз.

Подписано к печати 7/IV 1953 г.
Формат бумаги 60×92/16
Заказ 20

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

Цена 8 руб.