



С. Умаров
С. Э. Умаров

**Б
р
а
ч
е
т
е
н
ь**



ИНЖКОЛЛЕКТИВОВ

МОГЭС

1 9 2 8

К вопросу о новой электростанции в Московском районе.

К. П. Ловин.

СОДЕРЖАНИЕ:

	Стр.
К. П. Ловин. — К вопросу о новой электростанции в Московском районе	41
И. Г. Тихомиров. — Опыты по сжиганию подмосковного угля в пылевидном состоянии на Каширской ГЭС	52
П. Г. Грудинский и И. М. Иофьев. — Распределительные устройства 6,600 и 33,000 вольт подстанций Московского Кольца	58
С. Е. Шицман. — Выбор мест отбора пара для подогрева питательной воды	63
П. В. Савельев. — Причины механических повреждений однофазных дроссельных катушек в электрических сетях 30,000 вольт	66
И. П. Янушевский. — Качество подмосковного угля, поступающего на Каширскую ГЭС	68
Н. А. Полян. — Электропередача 220,000 вольт	70
Хроника	76
Из книг и журналов	78

В № 4 Бюллетеня, в статье «План расширения станций и сетей МОГЭС на пятилетие с 1927/28 г. по 1931/32 г.» нами были приведены данные о максимальных нагрузках и мощности станций. Из этих данных видно, что к 1931/32 г. максимальные нагрузки станций достигнут цифры 410,000 квт. при мощности станций в 475,000 квт. Цифры эти предполагают скорее благоприятную перспективу как в отношении суммарной мощности станций, — имея в виду устарелость оборудования на станциях, позволяющую возможность выбытия из строя отдельных единиц и уменьшения, следовательно, мощности станций, — так и в отношении максимальных нагрузок, — последние будут, очевидно, выше исчисленных по плану 410,000 квт., как это доказывает темп возрастания потребления электрической энергии за последние годы. Если, например, взять производственную программу истекшего 1927/28 года, то мы увидим, что она была определена в 720 млн. квт., с увеличением против действительного отпуску предыдущего года на 118 млн. квт. или на 20%; между тем, фактически было отпущено за истекший 1927/28 год 781 млн. квт., с превышением отпуску предыдущего года на 160 млн. квт. или на 30%.

Главнейшими факторами, влияющими на быстрое увеличение зимних нагрузок и общее потребление электрической энергии, являются расширение промышленности, устарелость собственных силовых установок на крупных фабриках и заводах и необходимость присоединения их к сетям МОГЭС, увеличение населения Москвы, электрификация рабочих окраин и населенных пунктов района и т. д.

В следующей таблице приведен предполагаемый темп нагрузок и установленной мощности на станциях МОГЭС за период 1931/32 — 1936/37 гг.

Годы	Предполагаемая максимальная нагрузка в тыс. квт.	Предполагаемая мощность в тыс. квт. в среднем по году	Необходимая установленная мощность в тыс. квт. в среднем по году	тысячи киловатт	
				Предполагаемая суммарная мощность существующих станций МОГЭС	Предполагаемая недостающая мощность
1931/32	410	30,8	490	475	15,0
1932/33	470	15,0	560	504,5 ¹⁾	55,5
1933/34	540	15,0	650	528 ¹⁾	122,0
1934/35	610	12,0	730	528	202,0
1935/36	680	12,0	815	528	287,0
1936/37	760	10,0	900	528	372,0

Такая обстановка, уже к 1932/33 году существующие электростанции окажутся недостаточными, так как не смогут обеспечить необходимого для нормальной эксплуатации резерва. Дальнейшее расширение существующих станций в то же время будет невозможным по целому ряду причин: Московские электростанции им. Синдоница и Трамвайная, как работающие на привозном топливе, при той, главным образом, на нефти, расширять было бы крайне нецелесообразно и технически весьма затруднительно, так как станции расположены в центре города, чрезвычайно ограничены территории и т. д. За московской станцией им. Синдоница на долгие годы должна остаться роль так называемой пиковой станции. Станция имени Р. Э. Классона не может быть в дальнейшем расширена за отсутствием вблизи сколько-нибудь крупного торфяного болота. Расширять Шагурскую станцию после доведения ее мощности до 186,000 квт. является невозможным за отсутствием соответствующего, требуемого для постройки станции, суходола. Каширская станция будет доведена до мощности в 125,000 квт., и новое ее расширение будет представлять затруднения в смысле обслуживания топливом. (В дальнейшем, когда будет итти речь о постройке так наз. 3-ей Кашир, надо будет иметь в виду собственно постройку самостоятельной новой станции).

Из приведенной таблицы следует, что для того, чтобы располагать необходимым для нормальной эксплуатации резервом мощности на станциях, — необходимо уже в 1932/33 году не только построить, но и пустить в эксплуатацию новую мощную электростанцию в Московском промышленном районе.

Учитывая эти обстоятельства, Правление МОГЭС в начале 1927 года подняло перед Президиумом ВСНХ вопрос о постройке новой электростанции. Президиум ВСНХ, вполне соглашаясь с приведенными доводами, дал МОГЭС поручение разработать несколько вариантов постройки новой электростанции. Исходя из того, на каком топливе должна работать будущая электростанция, т. е. на торфу или на подмосковном угле, Правлением МОГЭС были разработаны три варианта: 1) торфяная станция, расположенная на мощных торфяных массивах (Тверская станция), 2) станция на подмосковном угле, расположенная вблизи самих мощей (станция в Вохориках) и 3) третья Кашира.

Тверская электростанция.

Место постройки. Из всех обследованных МОГЭСом вблизи Москвы торфяных районов наиболее подходящим для постройки электростанции оказалось торфяное болото «Оршинский Мор», расположенное в Тверской и Кимрском уездах Тверской губ., в 150 км от Москвы и в 20 км от Твери.

Для постройки станции наиболее подходящим участком был выбран берег р. Волги в 28 км ниже Твери (см. черт. 1 и 2).

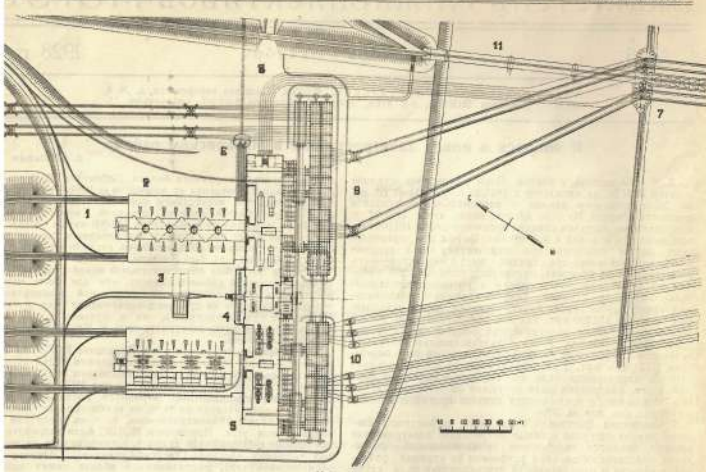
Мощность станции. Машинный зал. Проект предусматривается постройка общего машинного зала, где должно быть установлено 4 двухвалвных турбоагрегата мощностью каждый 75,000 квт., по 1,600 оборотов в минуту, состоящие каждый из двух турбин — высокого и низкого давления; общая мощность четырех агрегатов — 300,000 квт. В турбины поступает пар давлением 92 атм. и температурой 400° С. Генераторы напряжением в 11,000 вольт и мощностью по 45,000 квт., по два на каждый турбоагрегат.

Котельная. Проект предусматривается постройка двух котельных, расположенных перпендикулярно к одному машинному залу. В каждой котельной устанавливается по 8 котлов поверхности нагрева по 2,500 кв. м. Понад котлов располагается воздухоподогреватели поверхности нагрева 3,700 кв. метров на котел. Топки — шахтные барабанные. Золоудаление — гидравлическое. Котлы на давление пара в 35 атм., при температуре в 420° С. (см. черт. 3).

Водоснабжение. Для охлаждения отработавшего пара турбин при мощности станции в 300,000 квт. необходимо пропустить через конденсаторы 72,000 м³ воды в час. Для подачи указанного количества воды устанавливается 3 насоса производительностью по 15,000 м³ в час.

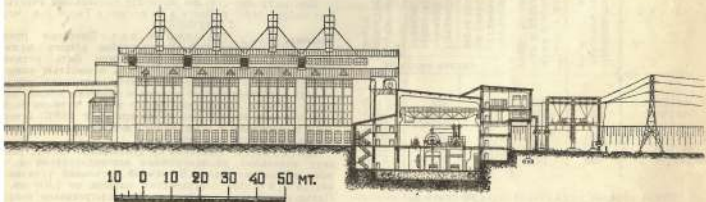
Распределительное устройство. Генераторы главных машин мощностью по 45,000 квт. присоединяются к повысительным трансформаторным группам той же мощности. Соединение запаростроеного голыми шинами. Трансформаторы установлены наружи, вольте стемы машинного зала. Трансформаторы повышают напряжение с 11,000 на 115,000 вольт. Распределительное устройство высокого

¹⁾ За счет окончательного расширения Трамвайной ГЭС.



Черт. 1.
Проект Тверской Электростанции.
Генеральный план.

- 1. Эстакады для подачи топлива.
- 2. Котельные.
- 3. Здание валовых отстойников.
- 4. Распределительное устройство 3.300 вольт собственного расхода.
- 5. Машинный зал.
- 6. Сливной колодезь теплой воды.
- 7. Насосная установка на берегу реки Волги.
- 8. Напорные трубопроводы охлаждающей воды.
- 9. Открытая подстанция 115.000 вольт 1-й очереди.
- 10. То же 3-й очереди.
- 11. Железнодорожный и шоссейный мост.

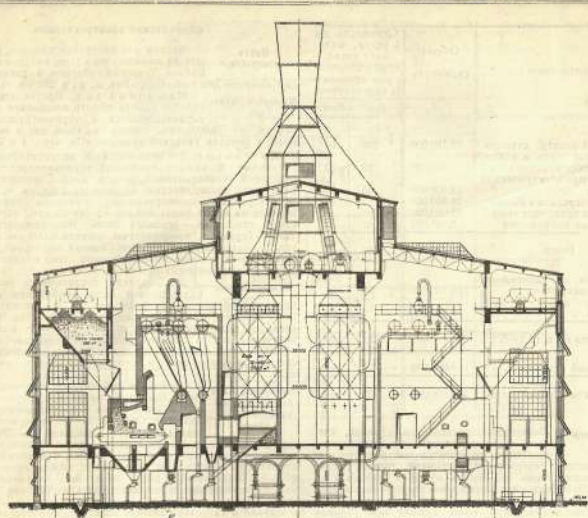


Черт. 2.
Проект Тверской электростанции.
Разрез.

При 4.000 час. годового использования коэффициент полезного действия станции определяется в 20,8% при 30 час. — в 21,6%. Эти цифры относятся к электростанции, произведенному на генераторном напряжении. Те же цифры, отнесенные к отпущенному с шин 115.000 в.

киловатт-часу, равны: при 4.000 час. годового использования — 20,8%, при 3.000 час. — 21,6%.

С шин распределительного устройства 115.000 вольт 4 двойных линии идут на Москву. Линии на металлических опорах. Рабочий провод — толстый медный трос сечением 120 кв. мм. Длина трассы электропередачи на Москву — около 150 км, а суммарная погонная длина одинарных воздушных линий — $8 \times 150 = 1.200$ км. Линии рассчитаны на передачу в Москву



Черт. 3.
Проект Тверской электростанции.
Поперечный разрез котельной.

250.000 квт. В Москве линии непосредственно присоединяются к кольцу 105.000 в.

Малый поселок. Постройка поселка предполагается в 3 очереди: первая очередь — при мощности электростанции в 150.000 квт. рассчитана на 800 чел. персонала; вторая очередь предусматривает полное развитие поселка при мощности электростанции в 300.000 квт. и количестве персонала, соответственно, 1.200 чел.

Описание болота. Площадь всего болота «Оршинский Мох» — около 65.000 гектар, из них под торфяной залежью 57.000 гектар. Эксплуатационный запас — 160 миллионов тонн воздушно-сухого торфа. Теплотворная способность торфа влажностью 80% — 3.230 калорий на килограмм. При постройке станции на полную ее мощность в 300.000 квт. она может быть обеспечена торфом на 90 лет.

Добыча торфа. Добыча торфа запроектирована по гидравлическому способу, сверхстандартными агрегатами производительностью каждый за сезон в 50.000 тонн.

Разлив ведется 1/4 километрами картами.

Транспорт гидромассы производится торфяными вертикальными и горизонтальными насосами. Магистральный массопровод diam. 755 мм прокладывается по середине полей.

Сбор высохшего торфа производится транспортерами типа Хезепер.

Для электрификации болота прокладывается линия 115.000 вольт от электростанции до центральной трансформаторной подстанции 115/30 кв. на болоте.

Транспорт торфа с болота на электростанцию запроектирован при помощи узкоколейной железной дороги в 750 км.

Погрузка производится грейферными гусеничными кранами или транспортерами Хезепер.

При электрической станции расположен торфяной склад на 300.000 тонн, оборудованный 6-ю портальными кранами. Из парка составы по 8 вагонов подаются электровозами по насыпи и железобетонной эстакаде непосредственно на бункера котельной, где и разгружаются. Все операции разгрузки 8-вагонного состава от момента прихода поезда с болота в парк прибытия и кончая спуском в парк отбытия длится полчаса.

Годовая потребность. Годовая потребность станции в торфе вычисляется в следующих цифрах: при 4.000 час. использования в год необходимо будет добыть торфа 1.500.000 тонн (32 млн. пудов); при 5.000 час. 1.844.000 тонн (118 млн. пуд).

Стоимость торфа. Стоимость торфа франко рельсы электростанции, включая амортизацию в 6 1/2% на начальную стоимость сооружений для торфодобычи и 8% на начальную стоимость сооружений для торфополы, по без процентов на капитал, составит по проекту МОЭС: при 4.000 час. использования станции — 8 р. 60 к./тонна (14,86 коп./пуд), а при 5.000 час. — 8 р. 70 к./тонна (14,25 коп./пуд). При рассмотрении проекта Электростанции ВСНХ стоимость торфа повышена на 1 р. 50 к./тн. (2,5 коп./пуд) и цифра 10 р. 20 к./тн. (16,75 коп./пуд) при 5.000 час. использования введена в расчеты.

Капитальные затраты по сооружению станции, электропередачи и торфодобычи исчисляются с изменениями, внесенными Электростаном, в следующих цифрах:

Наименование	Общая стоимость	Стоимость на 1 устан. кило-ватт главн. турбогенераторов станции (с округлением)	
		Руб.	Коп.
1. Районная электр. станция.	69.190.000	230	50
2. Подземные пути и вспом. сооружения станции.	7.030.000	23	50
3. Поселок при электрической станции.	13.600.000	45	50
4. Электростанция в Москве.	28.350.000	87	50
5. Добыча и транспорт торфа.	62.080.000	207	—
6. Временные сооружения.	3.100.000	10	50
Всего	181.350.000	904	50
7. Проценты на капитал за время постройки.	18.150.000	60	50
8. Местные линии и подстанции.	2.000.000	6	50
Итого по п. п. 1-8.	201.500.000	671	50
9. Оборотный капитал.	9.000.000	30	—
Всего капитальных затрат	210.500.000	702	—

Постоянные расходы по станции, связанные с амортизацией и процентными отчислениями на капитальные затраты, тем же ремонт, содержанием персонала станции, расходом на эксплуатацию путей и поселка и пр. составят 28.600.000 руб. в год. Переменные расходы—стоимость топлива (без амортизации и процентов на капитал, которое включено в указанную выше сумму) при годовом расходе с ших 116.000 тонн равно 1.125 млн. коп. (500 часов использования максимума на шихах 116.000 тонн) составит 11.470.000 руб., и при отпуске 1.410 млн. (500 часов использования максимума) — 16.900.000 руб. Таким образом, стоимость энергии на шихах 116.000 тонн составит: при 4.000 час. использования—5,36 к. за квт.-час, при 5.000 час. — 4,30 к. за квт.-час.

Стоимость энергии переданной в Москву на Московское 100.000 а, составит при 4.000 час. использования—10 коп., при 5.000 час.—8,40 к. за квт.-час.

Вместе с эскисным проектом постройки электростанции МОГЭСом было произведено эскизное обследование района, —потребителя будущей электростанции, обследование захватило территорию радиусом, примерно, 170 км. Общая площадь этой территории, состоящей из 17 уездов, равняется, примерно, 92.000 кв. км.

Обследованный район характеризуется достаточно высоким уровнем сельского хозяйства. Вместе с тем, в связи с малой обеспеченностью населения, наблюдается и рост курортной промышленности, при чем последние по темпу имеют рост фабрично-заводской промышленности.

Заводская промышленность преобладает роль играет текстильная промышленность, затем металлургическая и на последние те бумажная и кожевенная.

Необеспеченность населения землей и развитие энергетических сил в районе создают известные предпосылки для развития промышленности. Из имеющейся в районе фабрично-заводской промышленности может быть в первую очередь присоединено и Тверской станции установкой мощностью около 37.000 квт. Потребность сельского хозяйства и кустарной промышленности в электрической энергии в Тверском районе определяется цифрой порядка 10 квт. Далее необходимо иметь в виду, что проектируемая станция, как находящаяся в районе Октябрьской ж. д., может быть использована для будущей электрификации дорог. Но основная задача Тверской электростанции должна заключаться в подаче электроэнергии в Москву.

Бобринковская электростанция.

Местом для постройки станции, работающей на подмосковном угле, выбрано местечко Бобрин, Тульской губернии, в районе станции «Бобрин-Донской» Осер-Вяз. ж. д., в 325 км. от Москвы. Машинный зал. Предполагается постройка одного общего машинного зала, где устанавливаются 4 турбоагрегата, мощность по 75.000 квт., такого же типа, как и указанные в проекте Тверской станции. (См. черт. 4 и 5).

Котельные. Для двух очередей запроектированы две котельные. В каждой котельной устанавливается один ряд по 6 пятибаранных котлов сист. Стерлинг, шестового типа, поверхностью нагрева по 2.400 кв. м. Топки—двухсторонние, вращиваемые; суммарная поверхность нагрева на котел равна 560 кв. м; пар 35 атм., 430° С. Система отопления—угольная пыль. Воздухоподогреватели типа «Герника», поверхностью нагрева 8.000 кв. м. на котел, расположены над котлами. Главный паропровод и трубопроводы, подающие пыль в бункера перед котлами, размещены в изолированных галлереях. (См. черт. 6).

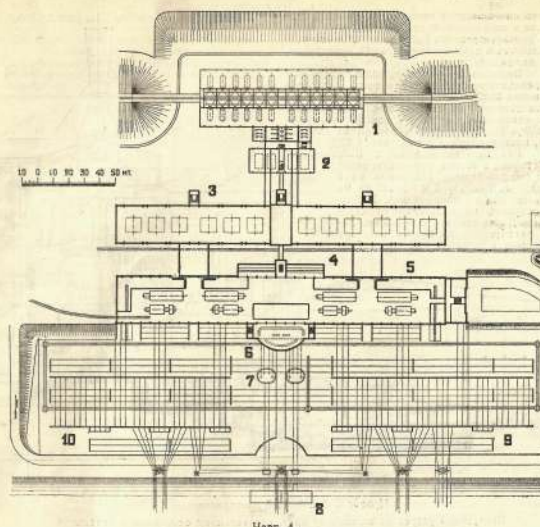
Водообеспечение. Для получения достаточного количества охлаждающей воды необходимо создание пруда поверхностью 3.100.000 кв. м. Эта площадь может быть получена при погоне воды в реке Любове. Через деревянные выем-каналы и два железобетонных тоннеля вода поступает в два сборных колодца размерами в плане 8х11 метров, откуда разбирается циркуляционными насосами, помещенными в центральной части машинного зала.

Угасушительная и пылеприготовительная установка. Котельная работает на пылевидном топливе. Проектом принята центральная система сушики паром и централизованной подачи угля. Средняя за год влажность топлива колеблется в пределах 32—33% достигая даже 40% и выше. Опыт работы с индивидуальными мельницами на Каширской ГЭС показал, что влажность поступающего в мельницы топлива не должна превышать 10%, а с подсушкой горячим воздухом в мельнице 20%, и потому необходимо до помола отнять из топлива 16—12% влаги. Нынешний типом является тахходание мельницам с шарами в качестве рабочего элемента. Значительные размеры мельниц делают целесообразным выделение их в особое помещение, т.е. переход и пылеприготовительная установка размещается в трех корпусах, расположенных параллельно котельным. В центральной части корпуса выше сушилок на железобетонных колоннах висит бункер общей полезной емкостью 3.000 тн. сырого угля. Уголь завозится на бункера без перегрузки в железнодорожных 50-тонных вагонах по остокам к насосу со складских путей. В здании установлено в 3 ряда 24 сушилки поверхностью нагрева каждой по 1.820 кв. м, производительностью по 147 тн./час сушки при сушке до 10—12% влажности, и 24 шаровых бисонических мельниц типа Гарринг производительностью по 18 тн./час. Каждая мельница составляет один жестко связанный комплект со своей сушилкой.

Подача угля с конвейера на сваду при станции. Наиболее целесообразным проектом подачи угля с шихт признано устройство железнодорожной колеи и перевоз угля мощностью 50-тонных вагонов. Дорога элентрифицирована. Движение—составами по 8—10 вагонов, которые подаются непосредственно на бункера угасушительной установки.

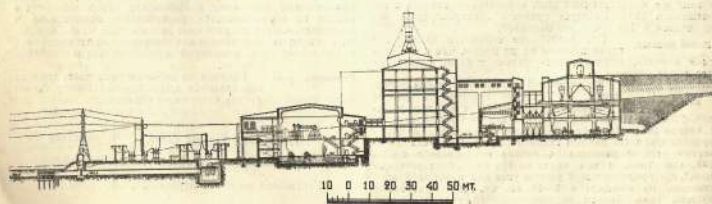
Распределительное устройство. Генераторы главных машин напряжением 11.000 вольт работают непосредственно каждой на свою трансформаторную группу, состоящую из 3 однофазных трехобмоточных трансформаторов 160/38/11 киловольт, мощностью в группе по 46.000 квт. На стороне 160 киловольт обе группы трансформаторов соединены жестко и имеют общий масляник. На каждой из однофазных трансформаторов имеется один общий резерватор. Распределительное устройство 160 киловольт запроектировано открытого типа. Основные повышающие трансформаторы расположены вдоль фасадной стены машинного зала. Соединение трансформаторов с генераторами производится голыми шинами, а трансформаторов с масляными выключателями 160 кв. и все соединения на открытой подстанции—толыми гибкими проводами.

Собственный расход обслуживается 4 «домашними» генераторами, расположенными на валу главных, и 4 генераторами турбин угасушительной установки. Распределительное



Черт. 4.
Проект Бобринковской электростанции.
Генеральный план.

1. Угасушительная и пылеприготовительная установка.
2. Машинный зал пылеприготовительной установки.
3. Котельные.
4. Распределительное устройство 3.300 вольт собственного расхода.
5. Машинный зал.
6. Главный щит управления.
7. Сборные колоды охлаждающей воды.
8. Водоприемник.
9. Открытая подстанция 160.000 вольт 1-й очереди.
10. То же 2-й очереди.

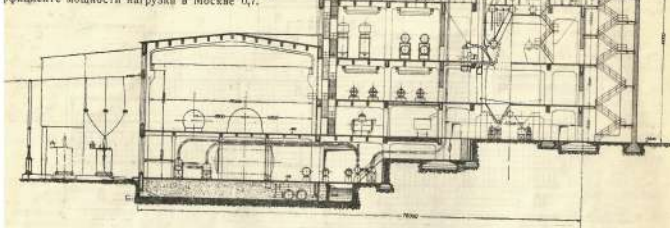


Черт. 5.
Проект Бобринковской электростанции.
Разрез.

ройте собственного расхода помещается в особом зале, примыкающем к машинному залу. Главный щит управления всеми распределительными устройствами помещается в двух верхних этажах пристройки, выходящей к машинному залу.

Эксплуатационный коэффициент полезного действия станции при 3,000 час. годового использования 20,25%. Эта цифра относится к количеству энергии, поступающей на подстанции высоковольтного кольца. Длина нейтральной — 225 км. Длина рассчитана на передачу до 250,000 квт. при коэффициенте нагрузки в Москве 0,7.

Для передачи энергии в Бобриковской электростанции в Москву запроектирована электропередача, состоящая из 3-х линий 160 киловольт, 2 X 3 X 185 кв. мм. для, со сплошным медным проводником. В Московской электростанции на подстанции высоковольтного кольца. Длина нейтральной — 225 км. Длина рассчитана на передачу до 250,000 квт. при коэффициенте нагрузки в Москве 0,7.



Черт. 6.
Проект Бобриковской электростанции.

Поперечный разрез по машинному залу, питательному отделению и котельной.

ри выборе напряжения были разработаны два варианта: передача в 160 и 220 кв. с металлическими опорами. Окончательная стоимость обоих вариантов, примерно, одинакова, но эксплуатационные расходы напряжения 220 кв. т. некоторые преимущества в виде меньших потерь в линиях. Но подобное соотношение сохраняется только до тех пор, пока сравниваются линии без резерва, т.е. две двойные линии 160 кв. или три одинарные 220 кв. Если же учесть во внимание необходимость резерва, то, сравняв вариант трех двойных линий 160 кв. с вариантом 4 одинарных линий 220 кв., приходим к выводу, что как по первоначальным затратам, так и по эксплуатационным расходам вариант 160 кв. представляется более выгодным. Учитывая уже недостаточный опыт европейских заводов с напряжением 220 кв., следует признать электропередачу напряжением в 160 кв. более надежной.

Основы. При разработке стоимости жилого поселка приняты те же нормы, что и по Тверской электростанции, применительно только к иному количеству населения.

Бобриковский угольный район расположен в Тульской губернии, в районе ст. Бобрик и ограничен с востока р. Дзержинский, с юга линией Сызр. Ваз. ж. д. и с запада р. Дзержинский. В районе ст. Бобрик и Дзержинский находятся деревни Иван-Озеро и будут построены. По данным Геологического Комитета кол-во угля в разведанном районе определяется в 60—100 млн. тонн, в том числе на так наз. «Электростанционном» участке предполагается добыча угля для новой районной электростанции на площади в 9—10 кв. км. запасы достигают 20 млн. тонн. Глубина угольного слоя — 40—60 метров от поверхности земли.

Разработка угольного слоя предложена по акционерному проекту мощной шахты производительностью до 300 тыс. тонн в год, с полной механизацией догрузки в вагоны.

Качество угля по средним данным: влажность от 81 до 34%, содержание золы — 20 1/2%, серы — 2%, теплотворная способность около 2,500 калорий; в основу проекта положено предположение о снижении в станциях угля марки «МС» и «О», теплотворной способностью около 2,500 калорий на килограмм.

Электростанция мощностью в 300,000 квт. при годовом отпуске в 1,4 миллиарда киловатт-часов, при удельном расходе угля 1,7 кг. на квт. отпущенный с линии 160,000 вольт обеспечивается разведанным и запасами Бобриковского района примерно на 20—25 лет.

Ведутся дальнейшие разведки, при чем предварительные данные дают основания предполагать, что запасы угля в районе не ограничиваются разведанным количеством и в районе имеются достаточные запасы угля, чтобы обеспечить станцию топливом на соответствующее число лет и амортизировать вложенный в строительство станции капитал.

Стоимость угля. Расходы по добыче и транспорту топлива определяются цифрой в 45,810,000 руб., на коковую сумму складывается следующим образом:

Оборудование угольных копей . . .	Р. 40,750,000
Электроснабжение копей . . .	Р. 1,170,000
Углевозная железная дорога . . .	Р. 3,690,000

Цифра 40,750,000 руб. получена исходя из оценки вложенных на тонну годовой добычи в размере 14 р. 50 к., согласно указания Отдела Электрификации Главэлектростроения, с повышением затрат на жилищное строительство в размере около 2 руб. на тонну согласно указанию Электростроения.

Стоимость угля franco центральный бункер на копей, по данным Госплана — 3 р. 66 к. за тонну (6 коп. за пуд) 1/2. Общая стоимость сооружений электростанции выражается в сумме 214,500,000 рублей или 715 рублей на установленный киловатт главных турбогенераторов станции. Разбивка полной стоимости по отдельным статьям приведена в следующей таблице:

Наименование	Общая стоимость	Стоимость на 1 квт. главных турбогенераторов	
	Руб.	Руб.	Коп.
1. Районная электрическая станция	84,250,000	283	—
2. Подводящие пути и вспомогательные сооружения станции	4,300,000	14	30
3. Поселок при станции	15,180,000	50	80
4. Электропередача в Москву	40,800,000	136	—
5. Добыча и транспорт угля	45,810,000	152	—
6. Временные сооружения	600,000	2	—
Всего	191,400,000	638	—
7. Проценты на капитал за время постройки	19,140,000	64	—
8. Местные линии и подстанции	1,700,000	6	—
Итого по п. п. 1—8	212,240,000	708	—
9. Обратный капитал	2,120,000	7	—
Всего капит. затрат с округлением	214,500,000	715	—

Стоимость киловатт-часов. Стоимость 1 кв. в. ч. на линиях 160,000 в. составляет при 6,000 час. использования — 2,37 к. Эта цифра относится к годововому отпуску с линии 160,000 в. — 1,415 млрд. квт. ч., что соответствует максимальной нагрузке на линиях 160,000 в. в 283,000 квт.

Распределение стоимости 1 кв. в. по отдельным статьям расхода приведено в следующей таблице:

Статья расхода	Стоимость в коп. на кв. в.
1. Уголь (по цене 5 р. 45 к. за тонну franco центральный бункер на копей)	0,889
2. Амортизация сооружений станции	0,502
3. Проценты на капитальные затраты по станции	0,510
4. Заработная плата	0,144
5. Социальные расходы	0,088
6. Налоги и страховка	0,011
7. Хозяйственные и проч. расходы	0,111
8. Служебные и ремонтные материалы	0,100
9. Эксплуатация подводящих путей и проч. расходы	0,059
Итого с округлением	2,37

Электростанция была установлена, что при учете процентов на затраченный капитал, а также упомянутого выше увеличения стоимости эксплуатации, цена тонны угля franco центральный бункер на копей, который должен быть положен в основу всех подсчетов стоимости электрической энергии, определяется в 5 руб. 45 коп. за тонну.

Стоимость переданного в Москву киловатт-часа на линиях Московского кольца составит при 6,000 час. использования — 3,40 коп.

Экономические обоснования района. Бобриковская электростанция расположена в сельскохозяйственном районе со слабо развитой промышленностью. Назначение электростанции является подача электроэнергии, главным образом, для Москвы и для промышленности, расположенной в районе Каширской ГЭС.

3-я очередь Каширской ГЭС.

При рассмотрении высшим хозяйственным органом, представленным летом 1928 г. разработанным МОПСом проектов Тверской и Бобриковской станций был возбужден вопрос о возможности дальнейшего расширения Каширской ГЭС, или, правильнее сказать, о постройке новой Каширской станции, так назыв. 3-ей очереди КГЭС.

Топографические условия местности, особенно вопросы транспорта и хранения угля и необходимость иметь единственное оборудование со 2-ой очередью Каширы, ограничивают возможную мощность Каширы 3-й очереди 115,000 киловатт.

Машинный зал. Оборудование машинного зала состоит из 3 турбоагрегатов мощностью по 55,000 квт. (см. черт. 7 и 8).

Котельная. Котельная оборудована 5 котельными агрегатами. Поверхность нагрева каждого котельного агрегата состоит из котла 2,640 кв. м., пароперегревателя 1,680 кв. м., экранов в 340 кв. м. и воздухоподогревателя в 6,412 кв. м. Котлы оборудованы двухсторонними экранными топками для отопления пылью. Золоудаление — гидравлическое (см. черт. 9).

Пылеприготовительный завод представляет собой железобетонный корпус, в котором расположено 8 агрегатов, состоящих из паровой турбулентной сушилки и тактовой шаровой мельницы сист. Фейфелера, производительностью 15 т. в час.

Уголь ссыпается из вагонок жесткой подвесной дороги в бункера, расположенные непосредственно над сушилками. Сушилки работают отработанным паром 2-х турбоагрегатов мощностью по 2,600 квт. каждый.

Водообеспечение. Водообеспечение запроектировано по типу 2 очереди: напорная установка на берегу р. Оки с 3 вертикальными центробежными насосами производительностью по 15,000 м³ в час.

Генераторы 2 главных машин имеют напряжение 11,000 вольт и мощность 70,000 квт. каждая. На валу одной из машин, кроме того, — домашний генератор 3,500 в., 8,250 квт. для обслуживания собственного расхода станции.

Распределительные устройства. Главные турбогенераторы соединены кабелями непосредственно с повысительными трансформаторными группами 11,000/115,000 вольт по 70,000 квт. Трансформаторы устанавливаются перед фронтом машинного зала, непосредственно у распределительного устройства 115,000 вольт.

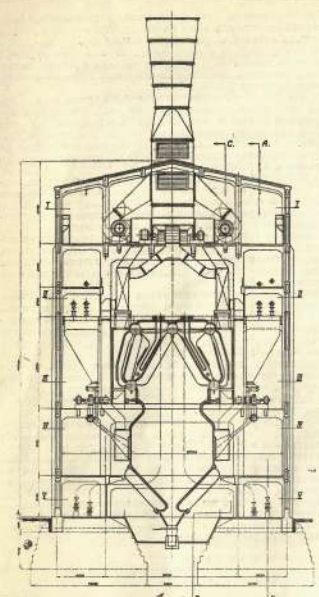
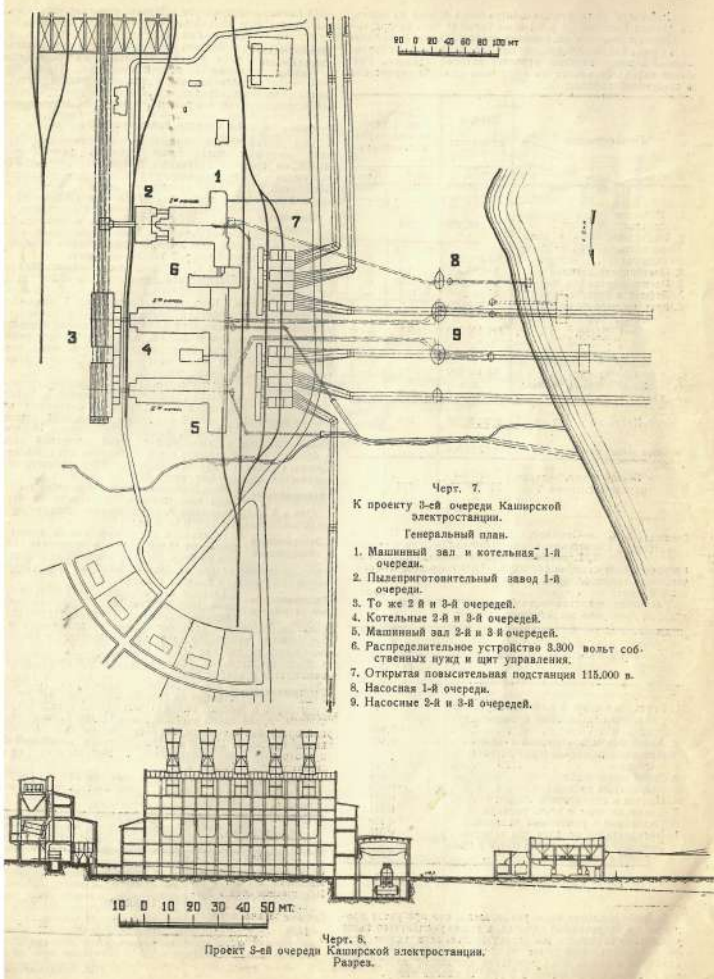
Распределительное устройство собственного расхода помещается в особом здании.

Электропередача. Длина линии передачи от Каширской станции до Москвы составляет 115 км. Для транспорта в Москву около 171,000 квт. со всех 3-х очередей станции, кроме одной двойной линии 115,000 в., сооружаемой при постройке 2-й очереди, запроектировано сооружение еще 2 двойных линий 115,000 в. Присоединение линий в Москве производится непосредственно к Московскому кольцу 105,000 в.

Стоимость сооружений. Смета капитальных затрат по сооружению Каширы 3-й очереди выражается в следующих цифрах:

Сооружения	Общая стоимость Руб.	На 1 квт. установленной мощности главных турбогенераторов Руб.
Электрическая станция.	34,900,000	317
Поселок	3,800,000	33
Электропередача в Москву	11,800,000	103
Добыча и транспорт угля	25,000,000	227
Итого	75,500,000	680

(См. продолжение).



Черт. 9.
Проект 3-ей очереди Каширской электростанции.
Поперечный разрез котельной.

Сооружения.	Общая стоимость, руб.	На 1 квт. установленной мощности главных турбогенераторов, руб.
Проценты на капитал за время постройки . .	6.550.000	58.—
Оборотный капитал . .	1.850.000	17.—
Всего капитальных затрат	83.000.000	755.—

Стоимость киловатт-часа. Стоимость 1 к. в. часа на шинах высокого напряжения при 5.000 час. годового использования установленной мощности выражается в следующих цифрах:

Расходы.	Коп./квч.	%
Топливо	1,335	46,50
Заработная плата	0,132	4,50
Эксплуатационные расходы	0,084	3,35
Накладные расходы	0,284	10,25
Амортизация	0,600	17,50
Проценты на капитал	0,615	19,20
Всего	2,860	100,00

В вышеприведенной таблице стоимость топлива принята в размере 6 р. 45 к. за тонну франко склад рудник, т.е. с изменением, внесенным Электропланом в смету по Бобриковской электростанции.

Сопоставление исчисленной стоимости киловатт-часа на шинах станции с такой же цифрой при стоимости топлива 3 р. 66 к. за тонну, дает следующую таблицу:

Расходы.	При цене угля 5 р. 45 к. тонна		При цене угля 3 р. 66 к. тонна	
	Коп.	%	Коп.	%
Топливо	1,335	46,5	1,025	40,0
Прочее	1,525	53,5	1,525	60,0
Итого	2,860	100	2,550	100

Стоимость киловатт-часа на шинах Московского кольца составит при цене угля в 5 р. 45 к.—3,24 коп., при цене 3 р. 66 к.—2 коп.

Выводы.

Принимая во внимание: 1) современную стоимость торфа, при которой энергия от торфяной станции является неконкурентно-способной с энергией угольной станции, 2) то, что значительная часть энергии, вырабатываемая МОГЭС'ом, получается с торфяных станций и 3) что торфобочка в значительной степени зависит от условий погоды торфяного сезона—оставляем временно в стороне вопрос о Твесской станции, и в дальнейшем будем сравнивать лишь угольные (Бобриковскую и Каширскую).

Сравнение проводим для двух периодов:

А. 1933—34 год.

В эксплуатации находятся только 1 очередь Бобриковской электростанции или Кашира 3.

Основные данные могут быть сведены в нижеследующую таблицу:

Данные.	Бобрики 1.	Кашира 3.
Установленная мощность главных машин квт	150.000	110.000
Мощность, получаемая на Московском кольце 105 кв. квт	125.000	97.000
Годовая выработка станции квч.	707.500.000	622.500.000
Годовое поступление на Московское кольцо квч.	625.000.000	485.000.000
Всего капитальных затрат руб.	127.000.000	83.000.000
На установку киловатт главных машин	845 р.	755 р.
Стоимость } на станции	2,70 к.	2,86 к.
1 к. в.—часа } в Москве	3,40 к.	3,34 к.

Примечание: Цифры годовой выработки и стоимости кв.—часа указаны для 5.000 час. годового использования и при цене угля 5 р. 45 к. за тонну франко склад-рудник.

Из рассмотрения цифр таблиц можно сделать следующие выводы:

1. Вариант Кашира 3 дает по сравнению с вариантом Бобрик 1 уменьшение суммарных капитальных затрат в размере 44.000.000 руб. (за счет уменьшения установленной мощности).
2. Стоимость установленного киловатта на Кашире 3 дешевле на 80 р. или на 10,2% против Бобриков 1.
3. Стоимость энергии на Московском кольце практически одинакова для обоих вариантов. Исчисленная на основании сметных цифр годовая экономика от Каширской энергии

расчете годового отпуска в 485,000,000 квт. равна 191,000 руб.

4. Мощность, которая может быть получена на Московском кольце с Каширы 3, на 22,0% меньше той мощности, которая может быть получена от Бобриков 1.

Б. 1936-37 год.

В эксплуатации должны быть уже обе очереди Бобриковской электростанции или же Каширы 3 и первая очередь Бобриков.

Основные данные могут быть сведены в следующую таблицу:

Д а н н ы е	Бобрики 1-ая и 2-ая очереди	Кашира 3- Бобрики 1 оч.
стандартная мощность главных машин квт.	300,000	200,000
мощность, получаемая на Московском кольце 10 квт.	250,000	222,000
годовая выработка на станциях квт.	1,415,000,000	1,230,000,000
одовое поступление на Московское кольцо квт.	1,250,000,000	1,110,000,000
его капитальных затрат руб. 0-е в среднем на 1 установленный киловатт главных машин	214,500,000	210,000,000
Стоимость / на станции	715 р.	810 р.
к. в. часа в Москве	2,37 к.	3,38 к.

Примечание: Годовая выработка и стоимость к. в. часа указаны для 3,000 час. годового использования и при цене угля в р. 45 к. за тонну franco склад-рудник.

На основании цифр вышесказанной таблицы, можно констатировать следующие положения:

1. В отношении суммарной величины капитальных затрат за варианты практически одинаковы.
2. При одинаковых суммарных затратах полное развитие бобриковской электростанции дает нам плюс в отношении стандартной мощности на 40,000 квт., — в результате — мощность 1 установленного киловатта главных машин выше на 66 руб. или на 11,9% против варианта Кашира — Бобрики 1.
3. Мощность, получаемая на Московском кольце при этом на 25,000 квт. против варианта постройки Каширы 3.
4. Стоимость Бобриковской энергии на Московском кольце меньше против варианта Каширы 3 + Бобрики 1 на 0,35 коп. за к. в. час.
5. При годовом поступлении на Московское кольцо 250,000,000 квт. в. часов эта разница дает годовую экономию в размере 4370,000 рублей.
6. Резюмируя все сказанное выше, констатируем еще раз основные положения:
7. Для покрытия роста нагрузки в ближайшие 6-8 лет необходима новая мощность (новая электростанция) порядка 1,000 квт.
8. Таким образом, развитие Каширской ГЭС до 260,000 квт. путем постройки Каширы 3 с установленной мощностью главных генераторов в 110,000 квт. не исчерпывает ее потребности в новой мощности и может быть рассмотрено только, как первая очередь ее.
9. Для получения новой мощности в необходимых размерах потребуются, помимо расширения Каширской ГЭС, стройка новой мощной электростанции. Темп роста нагрузки с одной стороны, и с другой, значительные трудности в подготовке работ, связанные с длительными сроками постройки вынуждают приступить к работам ее постройки в ближайшее же время, независимо от стройки Каширы 3.
10. Получение новой мощности путем расширения Каширской ГЭС по сравнению с вариантом немедленного начала стройки новой электростанции (Бобриков) дает уменьшение капитальных затрат для 1-ой очереди (1932-34 г.) на

44,000,000 рублей за счет уменьшения установленной мощности. Стоимость к. в. часа на шинках Московского кольца для обоих вариантов практически одинакова.

3) Необходимость вложения средств в постройку новой станции до окончания сооружения Каширы 3 может значительно уменьшить указанную выше цифру разницы в капитальных затратах (44,000,000 р.).

6) Для 1936/37 г., когда должна быть полностью в эксплуатации новая мощность (300,000 квт.), оба варианта — две очереди Бобриков или Кашира 3 + Бобрики 1-я очередь — в отношении капитальных затрат практически одинаковы. Стоимость к. в. часа на Московском кольце по первому варианту дешевле на 0,35 к., что дает годовую экономию в 4,375,000 руб.

7) Постройка Каширы 3 даст новую мощность на полгода раньше, чем постройка Бобриковской электростанции. Таким образом, в пользу развития Каширской ГЭС говорят два довода: временная экономия в размерах капитальных вложений и сокращение срока строительства.

Первое обстоятельство — экономия в капитальных вложениях в современных финансовых условиях должно играть первостепенную роль; однако, в действительности, как выше указывалось, роль эта может оказаться весьма незначительной.

Второй довод — сокращение срока строительства — имеет, главным образом, финансовое значение, в смысле уменьшения суммы процентов за время постройки, так как сокращение срока строительства даст новую мощность вместо октября в апреле — майю, т. е. к летнему периоду, когда в ней не будет особой надобности.

Расчитывать же на такое сокращение срока, которое дало бы новую мощность к максимуму 1932/33 года, конечно, невозможно, особенно если учесть те обстоятельства, что пуск 3-й очереди Каширы может быть осуществлен только к максимуму 1933/34 года.

Все остальное говорит в пользу Бобриков и здесь на первом месте нужно поставить экономию на стоимости киловатт-часов в Москве. Сумма этой экономии (1,375,000 р.) на первый же год работы двух очередей Бобриковской электростанции с избытком покрывает перерасход по стоимости энергии за все время работы одной очереди ее (391,000 р. в 3 года).

Потому при наличии возможности достаточного и своевременного финансирования строительства следует из двух вариантов — Кашира или Бобрики — предпочесть постройку Бобриковской электростанции.

В одном из последних заседаний Президиума ВСНХ СССР рассматривался вопрос о постройке новой электростанции, при чем окончательно был предложен вопрос о том, что станция должна строиться на подмосковном угле, причем и работа должна быть приступлена в 1932/30 ограниченном году. Таким образом, остается лишь неразрешенный вопрос о месте постройки станции, т. е. в Бобриках или на Кашире. Вопрос этот будет Правительством разрешен окончательно в ближайшее время.

Немаловажным является вопрос о сроке, в который должна быть построена новая электростанция. Как нами указывалось выше, новая станция — по крайней мере, первая ее очередь — должна быть пущена в работу не позднее 1933 года. Таким образом, для постройки станции и пуска ее в работу остается срок около 4 лет, и перед работниками МОГЭС, если станция будет строиться МОГЭСом, стоит в высшей степени ответственная и почетная задача построить наиболее технически и экономически совершенную электростанцию, притом в минимальный оставшийся срок.

Мы осветили основные моменты каждого из вариантов постройки станции.

В виду того интереса, который представляют разработки МОГЭСом варианты постройки новой станции, Главэнерго постановило проекты эти — вместе с проектом Энергостроя (который самостоятельно разработала вторая очередь постройки станции в Бобриках) и относящихся к подмосковному угольному району очерком Москузгипро — отпечатать в виде отдельного труда, после чего можно было бы на страницах Бюллетеней останавливаться более подробно на отдельных проблемах постройки станции.

Приводимые таблицы № 1 и № 2 дают возможность сравнить основные проектные характеристики электростанций Тверской, Бобриковской и Каширской 3.

Ведомость капитальных затрат на сооружение:

1. Двух очередей Бобриковской ГЭС с установленной мощностью главных турбогенераторов 300,000 квт.
2. Первой очереди Бобриковской ГЭС 160,000
3. Третьей очереди Каширской ГЭС 110,000

№№ по пер.	Наименование станции	Две очереди Бобриковской ГЭС 1)		1-ая очередь Бобриковской ГЭС 1)		3-я очередь Каширской ГЭС	
		Общая стоимость	На 1 квт. главных турбоген.	Общая стоимость	На 1 квт. главных турбоген.	Общая стоимость	На 1 квт. главных турбоген.
	Сооружения	Руб.	Руб.	Руб.	Руб.	Руб.	Руб.
1	Районная Электрическая Станция	84.850.000	283	48.500.000	324	34.900.000	317
2	Подземные пути и вспомогательные сооружения	4.360.000	14,5	4.300.000	28	— 9)	—
3	Поселок при электростанции	18.180.000	50,6	11.000.000	73	3.000.000	33
4	Электроснабжения в Москву	40.800.000	136	23.400.000	156	11.300.000	103
5	Добыча и транспорт топлива 1) и 2)	45.810.000	152	24.900.000	166	25.000.000	227
6	Временные сооружения	600.000	2	600.000	4	— 9)	—
	Всего	191.400.000	638	112.700.000	751	74.800.000	680
7	Проценты на капитал за время постройки	19.110.000	64	11.300.000	75	6.350.000	56
8	Местные линии и подстанции	1.700.000	6	1.700.000	12	—	—
	Итого по п.п. 1-8	212.210.000	708	125.700.000	837	81.150.000	738
9	Оборотный капитал	2.120.000	7	1.270.000	8	1.850.000	17
	Всего капитальных затрат	214.390.000	—	126.970.000	—	83.000.000	—
	С округлением	214.500.000	715	127.000.000	845	83.000.000	755

- 1) Смета Бобриковской ГЭС с изменением Электроснабжения.
2) Капитальные затраты на угольную приняти в размере 16 р. 50 к. на тонну годовой добычи; подробно см. стр. 46.
3) Подземные пути и вспомогательные сооружения (мастерские, склады) 1-й и 3-й очередей станции достаточны и для обслуживания 3-й очереди.
4) При производстве работ по 3-й очереди Каширской ГЭС будет использоваться временный персонал обслуживающий постройку 3-й очереди. Временное электроснабжение строительства будет производиться от 1-й и 3-й очередей.

Основные проектные характеристики электростанций: Тверской, Бобриковской и Каширской 3.

№№ по пер.	Станция	Тверь		Бобрики		Кашира 3	Кашира 3 + Бобрики 1	Примечание.
		1-я очередь	2-я очередь	1-я очередь	2-я очередь	ра 3	Бобрики 1	
1	Год аступления в работу	1933/34	1936/37	1933/34	1936/37	1933/34	1936/37	
2	Капитальные затраты (суммарные) в млн. руб.	124,0	210,5	127,0	214,5	80,0	210,0	
3	Мощность, передаваемая в Москву тыс. квт.	125	250	135	250	97	222	
4	Капитальные затраты на 1 киловатт, передаваемый в Москву руб.	900	840	1,015	860	800	950	
5	Стоимость 1 квт-часа при n = 5000 коп./квт.	3,28	2,80	2,70	2,37	2,86	—	При цене топлива по данным Электроснабжения: торф — 13,25 р./тн. ф-ко бункер, уголь — 3,40 р./тн. ф-ко склад-рудник.
6	Стоимость 1 квт-часа при n = 5000 коп./квт.	3,08	2,69	2,41	2,08	2,55	—	При цене топлива по первоначальным сметам МОГЭС: торф — 11,7 р./тн. ф-ко бункер, уголь — 3,00 р./тн. ф-ко склад-рудник.
		3,82	3,20	3,12	2,72	3,00	3,07 (средне-августовая)	Все цены на уголь отп. и угли теплоснабж. 2,800 кал/кг.

Опыты по сжиганию подмосковного угля в пылевидном состоянии на Каширской ГЭС.

Опыты по сжиганию подмосковного угля в пыли в-у-т-ы на Каширской ГЭС с июня 1926 г. на специально об-у-д-о-в-ан-ной для пылевидного топлива котле Стерлинг по-в-ер-х-но-стью нагрева 444 кв. метра, с пароперегревателем 80 кв. метров, пылепыль-а-к-к-ом Грин-270 кв. мет-р-ов, который впоследствии был заменен воздушным э-к-о-н-о-мизатором Ротатор-1.080 кв. мт. поверхности нагрева. Топочная камера была посредине разделена стенкой ли того, чтобы можно было перекрывать сводом. Опыты производились на сущес-т-в-е Победенских копей, мощностью от 10 до 20%, теплотворной способностью средним около 3.700 калорий, с английской мельницей пил «Атритер». Подробное описание существовавшей у-с-т-ан-ов-ки было дано И. П. Вечининым в журнале «Тепло и м-а», №№ 8-9, 1927 г., поэтому останавливаться на ре-з-у-л-т-а-т-а-х опытных работ мы не будем. Рез-у-л-т-а-т-ы опытов эксплуатации работы котла с 1926 года 5 апреля 1928 года показали, что подмосковный уголь хо-л-о-д-н-е в пылевидном состоянии, котел легко под-д-е-р-ж-ивается регулировке, быстро может быть введен в работу т. е. то-е-с-т-ь обладает всеми преимуществами, необо-д-и-м-ы-ми для котельной районной электрической станции. В то же время мы убедились, что как, топочное тр-о-и-с-т-во, так и сама мельница «Атритер» в эксплуа-т-а-ц-и оказались непригодными.

Топочная камера вследствие малого объема ее, давала возможность нормально при напряженности около 100.000 д. на куб. метр получать с тем пара не выше 16 кгр. с кв. метра, дальнейшее же повышение напряженности типично-го пространства вызвало сильное плавление стенок и же совершенно запалавало топку, выводя из строя топку.

Шлак получался настолько твердым, что для очистки з-т-ребовалось несколько дней, при чем, в виду его прилипания к оборудованию, при отставании он разрушался, что в свою очередь значительно сокращало срок службы футеровки.

Мельница «Атритер» обнаружил целый ряд дефектов, б-о-н-е элементы быстро изнашивались и требовали для м-е-н-ы длительной остановки мельницы (2-3 дня), после-г-о ротор мельницы сильно разбалансировался и рабо-т-а становилась невозможной. С износом рабочих э-л-е-м-е-н-т-ов (шпонок и предохранительной рубашки) резко уху-д-и-л-ся расход на ремонт выражался в сумме около 3 рублей тонну, пыли.

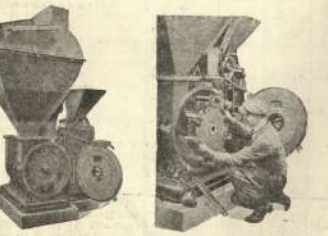


Рис. 1. Мельница «Резолотор» формы «Фурштейн».

При указанных условиях надежной эксплуатационной оты котла достигнуть не удалось, почему с февраля 1928 г. было решено переоборудовать котел, с ро-б-о-т-ом новой топкой применительно к французскому у «Фур-Штейн», с установкой двух мельниц типа «Резо-л-о-т-о-р», той же формы (см. рис. 1).

Топочная камера выполнена (см. рис. 4, 5 и 6) из огне-у-п-о-р-ного кирпича русских заводов: Боровичского Ко-м-

бината и Москвоугля, с подвесными сводами, изготовлен-н-ыми Боровичским заводом. Железная конструкция для подвесных сводов спроектирована и выполнена своим ма-с-т-е-р-ским. Стены топочной камеры выполнены в виде об-р-е-з-а-н-ных сводов для обеспечения свободного расширения их (см. рис. 5). Внизу топки установлен водонеп-р-о-в-о-д-н-ый экран из старых Бабковских батарей, соединенный с водопро-в-о-д-н-ой сетью; таким образом, часть тепла от лучеис-п-у-с-к-ан-ия (5-6%) теряется неиспользованной. В будущем водонеп-р-о-в-о-д-н-ый экран заменится новым и будет включен в цирку-л-я-цию котла.

На фронтальной стене топки по указанию инженера сущ-н-е типа «Пибоди», изготовленные в своих мастерских. Ниже пыльных форсунок расположены нефтяные форсуны для зажигания пыли.

Перед фронтом топки установлены две мельницы «Ре-о-л-о-т-о-р» № 3, производительностью по 2,5 тонны в час. У-с-т-ан-ов-ка эта носит временный характер и в будущем мельницы будут перенесены в помещение котельной.

Мельница соединены непосредственно с электромотором мощностью 40 л. с. при 1.500 оборотах в минуту. Цили-н-д-р-е-с-к-ий кожух мельницы закрывается крышкой, устро-е-н-ной на петлях, что дает возможность быстро открывать мельницу для осмотра и ремонта. Внутренняя поверхность сменяющаяся пятью стальными сегментами, легко ко-ж-у-х-а обломана падая стальными сегментами, легко укреплённое гайкой, по периферии колеса расположены била, в количестве 10, сделанные из марганцевой стали (см. рис. 2 и 3).

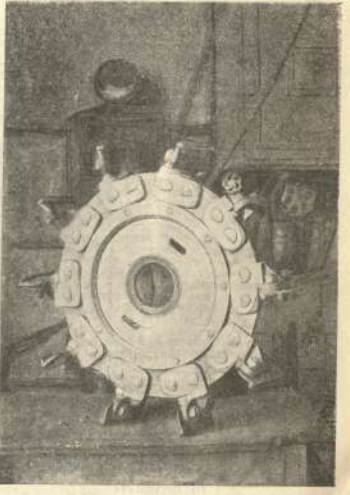


Рис. 3. Рабочее колесо мельницы «Резолотор» с билами.

Сухой уголь из бункеров котельной подводится по железной трубе к питателю на транспортную ленту, при-

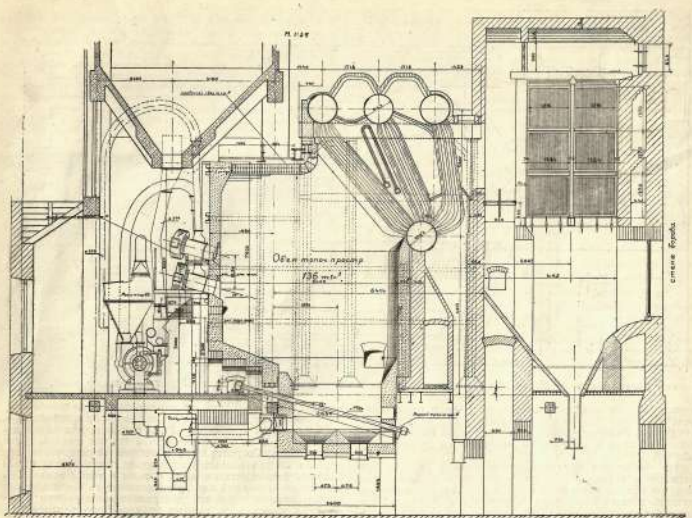


Рис. 4. Котел № 12 системы «Стерлинг», пов. нагр. 444 кв. метра. Продольный разрез.

водимую в движение от вала мельницы. Для регулирова-н-ия подачи угля в мельницу имеется возможность менять скорость транспортной ленты и толщину слоя угля особым шибером. Из питателя сущес-т-в-а поступает (засасывается) в камеру Резолотора, где она, подвергаясь действию вра-т-ящихся бил, размалывается и вместе с воздухом или горячим газом, засасываемым мельницей из д-о-л-ь-н-о-го бун-к-е-ра, поступает в сепаратор, через особый сепаратор, расположенный над мельницей. В этом сепараторе имеется регулировочный шибер, посредством которого, м-е-н-я

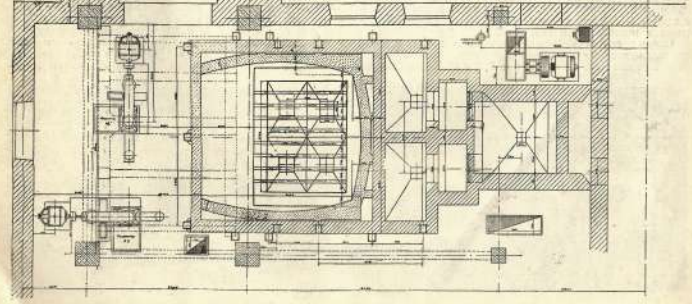


Рис. 5. Котел № 12 системы «Стерлинг» пов. нагр. 444 кв. метра. Горизонтальный разрез через топку.

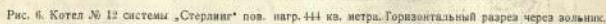
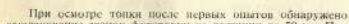


Рис. 7. Износ била мельницы «Резольтор».

Рис. 8. Износ облицовки кожуха мельницы «Резольтор»



руководителям в разрешении столь важной проблемы сжигания подмосковного угля в виде пыли.

Результаты испытания котла № 12 на Каширской ГЭС на пыли.

(Работает мельница № 2).

Котел работает с турбулентными форсунками. Поверхность нагрева котла Нк = 144 кв. м. перегревателя Н = 140 кв. м. воздушного подогревателя = 1.080 кв. м. Мельница работ. с сепаратором колесная констр. ниж. Пака. 36°ем топочной камеры 136 м².

№№ по пор.	Наименование.	Размерность.	I.	II.
1	Условия опыта	—	20	21
2	Дата опыта	—	13—14/VII	14—15/VII
3	Начало опыта	—	10 ч. 26 м.	10 ч. 20 м.
4	Конец опыта	—	10 ч. 20 м.	19 ч. 04 м.
5	Продолжительность опыта	—	23 ч. 54 м.	32 ч. 44 м.
Топливо.				
6	Район	Победенский—сушенка.		
7	Сорт угля			
Элементарный состав.				
8	Влага	%	14,3(1)	12,6(7)
9	Зола	%	24,0(3)	28,2(5)
10	Сера органическая	%	1,7(5)	1,7(8)
11	« колчеданная	%	3,3(7)	4,0(4)
12	« горючая	%	5,1(9)	5,8(2)
13	« сульфатная	%	0,5(1)	0,6(2)
14	« общая *)	%	5,6(3)	6,4(4)
15	Углерод	%	42,0(6)	40,0(2)
16	Водород	%	3,0(8)	3,0(2)
17	Кислород + азот	%	10,9(5)	10,7(1)
18	Азот (подсчетом)	%	0,5(5)	0,5(5)
19	Иная теплотворная способность по данным Хим. Лаборатории Каширской ГЭС.	Ккал.	3,855	3,332
20	Поступило в резолотор угля из бункера	Кг.	49,170	65,150
21	Отбросы из резолотора (колчедан + уголь)	»	971	1,597
22	« из «Резолотора» в % от топлива	%	1,97	2,9
23	Сожжено за опыт сушенки *)	Кг.	48,199	63,253
24	Средний часовой расход сушенки.	Кг.	2,016	1,935
25	Видимое тепловое напряжение топочной камеры.	Кал./м ² . час.	37,000	54,500
Вода и пар.				
26	Испарение воды за опыт	Кг.	181,900	243,000
27	Средний часовой расход пара	Кг./час.	7,810	7,425
28	Испарительность топлива	Кг./кг.	3,78	3,84
29	Среднее напряжение поверхности нагрева	Кг./кв. м. ч.	17,13	16,71
30	Температура насыщенного пара	°C	20,50	20,15
31	Средняя температура питательной воды	°C	29,5	29,7
32	Пропущено воды через 1-й скрин	Кг./час.	7,800	12,930
33	Тоже 2-й скрин	»	9,060	8,960
34	Средняя температура воды до скринов	°C	23,6	25,3
35	Тоже после 1-го скрина	°C	43,2	44,6
36	« 2-го			
37	Среднее абсолютное давление пара	Атм.	16,7	16,6
38	Средняя температура перегретого пара	°C	384	392,5
39	Теплосодержание перегретого пара	Кал./кг.	787	772
40	Затрата тепла на 1 кг.	»	787,5	742,5
Воздух.				
41	Средняя температура воздуха перед вентилятором воздушного экономайзера	°C	21,5	23,9
42	Средняя температура топочных газов перед резолотором	»	350	350
43	« воздуха после воздушного экономайзера (перед форсунками)	»	204,5	205
Газы.				
44	Средний состав газов за котлом:			
	CO ₂	%	14,0	13,55
	CO ₂ + O ₂	%	19,2	19,23

1) По данным Хим. Лаборатории Каширской ГЭС.
2) Получены пересчетом данных анализа сушенки Теллехт. И-та от 8/III—26 г.
3) В том числе и некоторое количество угля, утерянное при выгрузке.
4) Общая сера (14) составляется из органической (10), колчеданной (11) и сульфатной (13).

№№ по пор.	Наименование.	Размерность.	I.	II.
45	Характеристика топлива β	—	0,1	0,1
46	CO*	%	0,585	0,55
47	Коэффициент избытка воздуха за котлом	—	1,35	1,39
48	Замеренная температура газов в топке:			
	а) с фронта внизу	°C	—	1,300
	б) с правой боковой стороны внизу	»	—	1,300
	с) с задней стороны	»	—	1,310
49	Замеренная температура газов за котлом	»	320	329
50	Тоже за экономайзером	»	188	188
Разрежение и сопротивление.				
51	Разрежение в топке	мм в. ст.	0,7	0,9
52	» за экономайзером	»	3,65	4,35
53	Сопротивление котла	»	} 2)	3,35
54	» экономайзера	»		
Шлак.				
55	Влага общая	%	0,12	0,05
56	Общая потеря при прокаливании	%	0,06	0,08
57	Зола	%	98,92	99,87
58	Теплотворная способность	Кал./кг.	калориметрическая бомба не дает показаний.	
Летучая зола.				
59	Влага общая	%	0,12	0,13
60	Общая потеря при прокаливании	%	2,88	0,62
61	Зола	%	97,0	99,3
62	Теплотворная способность	Кал./кг.	калориметрическая бомба не дает показаний.	
Резольтор.				
63	Испарено воды за опыт	Квч.	725	1,090
64	Расход на одну тонну помола	Квч./т.	15	17,1
Тепловой баланс.				
65	1 кг. топлива внесено в топку тепла	{	Кал.	3,855
			%	100
66	Из 1 кг. топлива утилизируется котлом и экономайзером	{	Кал.	2,782
			%	72,4
67	Из тепла 1 кг. топлива отнимается водой скрина	{	Кал.	162,5
			%	4,22
68	Итого из тепла 1 кг. топлива могло быть утилизировано (66 + 67)	{	%	78,62
			Кал.	282
69	Из тепла 1 кг. топлива теряется с отходящими газами	{	%	7,3
			Кал.	302
70	« 1 « « от химическ. неполн. горения	{	%	7,9
			Кал.	91,6
71	Из тепла 1 кг. топлива теряется от механич. неполн. горения, уноса, и в окружающую среду (остаточный член)	{	%	2,38
			%	13,7
				9,02

*) Сопротивление котла вследствие малых скоростей было крайне незначительно и не учитывалось приборами.

НА ИМЕНОВАНИЕ	Размерность	I.	II.
некоторые данные для оценки работы воздушного эквипажера:			
1) Теорет. количество воздуха для сжигания 1 кг. топлива при 0° и 760 мм. рт. ст.	Кг. кг. Мт. кг.	5,06 4,38	5,36 4,25
2) Количество воздуха для сжигания 1 кг. топлива при низких, имеющих место в соответствующих опытах	Кг. кг. Мт. кг.	7,65 5,9	7,7 5,9
3) Количество газов, образованных от сжигания 1 кг. топлива при 0° и 760 мм. рт. ст.:			
а) Водяных паров	Мт. кг.	0,711	0,687
б) Сухих газов	—	5,8	5,9
Всего	—	6,511	6,587
4) Часовой объем воздуха при 22°С для сжигания топлива	Мт. ч. час.	$6,5 \times 2,016 = 12,700$	$6,5 \times 1,935 = 11,200$
5) Объем воздуха для сжигания топлива (§ 4) при температуре 20°С	—	$10,3 \times 2,016 = 20,760$	$10,3 \times 1,935 = 20,000$
6) Температурный перепад газов 1)	°С	162	161
7) воздуха	—	185	181
8) Отношение температур: $\left(\frac{7}{18}\right)$	—	1,13	1,13
9) Сопротивление воздушного эквипажера со стороны воздуха	Мм. в. ст.	2,05	2,35

Распределительные устройства 6.600 и 33.000 вольт подстанций Московского кольца.

П. Г. Грудинский и И. М. Иоффе.

(Продолжение В.).

Распределительное устройство 33.000 вольт. Схема электрических соединений устройств 33 киловольт, т.е. имеет две системы сборных шин, к каждой из которых любой фидер или трансформатор, имеющий по одному масляному выключателю, могут присоединяться по желанию путем переключения шинных треншалтеров.

Как и в устройствах 6,6 киловольт, на каждом фидере выключатель (кабеле или воздушной линии) предполагается установить реактивные катушки с реактансом в 6%. Защита от перенапряжения осуществляется — помощью гоним разрядников. Сравнение числа аварий на подстанциях, имеющих установку рогов на шинах, с числом аварий на подстанциях, снабженных разрядниками на шинах, с несомненностью доказало, что присоединение разрядников к сборным шинам значительно уменьшает их защитное действие. В существующих устройствах киловольт эти разрядники установлены в закрытом здании, имеют сопротивление, погруженное в масло с приспособлением для шунтирования дуги разряда в случае возникновения (тип Бендмана) и в большинстве случаев присоединяются к сборным шинам. Для новых подстанций разрядники заказаны в Америке типа на заводной установке "Oxide film" и "Autovalve" с тем, чтобы на каждой линии имелся свой разрядник до ввода линии подстанцию.

Однако, при расширении Измайловской подстанции, из-за

отсутствия свободной площади, установить разрядники снаружи пришлось, в целях экономии на здании, от этого принципа отказаться и присоединить их к сборным шинам.

В отличие от устройства 6,600 вольт, на подстанциях 33 киловольт не предусмотрено никаких приспособлений для испытания линий, хотя и здесь, несомненно, могла бы быть применена переносная установка. Сделано это потому, что применяемый в настоящее время способ проверки линий постановкой с под напряжением пофазно дает довольно хорошие результаты, в виду достаточной емкости сети 33 кв. и отсутствия заземления нейтрали. Поэтому применяя возможные ограничения установки однофазных треншалтеров на выходящих линиях и земляных выключателей на сборных шинах.

Защита от коротких замыканий в сети 33 киловольт осуществляется помощью дистанционных реле. Большинство этих реле доставлено фирмой А. Е. Г., но для испытания и сравнения систем разных фирм передан заказ на некоторое количество дистанционных реле также Брун-Бовери и Сименс-Шукерт.

Для питания обмоток напряжения этих реле и для присоединения вышеупомянутых земных выключателей, а также вольтметров для указания напряжения между фазами, устанавливаются две группы трансформаторов напряжения по одному на каждую систему шин. К этим же трансформаторам, напряжению присоединены приборы для синхронизации, необходимые для возможности проверки синхронности включаемой линии, имеющей питание от подстанции, с которой в момент включения нет связи. На практике неоднократно убеждались в необходимости подобной проверки.

Шинно-соединительный масляный выключатель, установленный МОЭС'ом на всех устройствах, где есть двой-

ная система шин, служит резервом к трансформаторам и линейным масляным.

При выборе конструкции устройств 33 киловольт было

решено положить в основу уже испытанный тип Измайловской подстанции, внося в него изменения, подсказанные эксплуатацией.

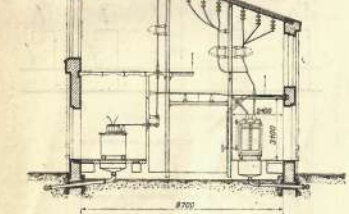


Рис. 8. Выход из воздушной линии существующей Измайловской подстанции 33 кв.

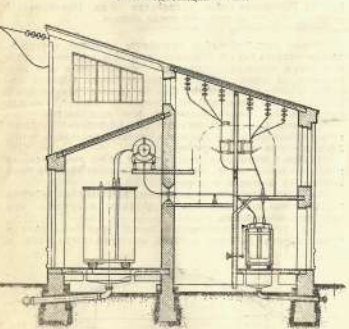


Рис. 9. Поперечный разрез по трансформаторной ячейке существующего здания 33 кв. Измайловской подстанции.

Распределительное устройство 33 киловольт Измайловской подстанции (см. рисунки 8 и 9) было выстроено в 1925 году. Характерной его особенностью является наличие совершенно изолированных от остальной части устройства камер для масляных выключателей с открытыми наружу дверями. Второй особенностью этого устройства является то, что из коридора управления масляными выключателями видны сборные шины и шинные треншалтеры. При проектировании предполагалось, что эти треншалтеры будут снабжены механическими приводами, рукоятки которых будут расположены рядом со штурвалом масляных выключателей. Таким образом, управление всей подстанцией сосредоточивалось в одном только коридоре. Верхние же ящики (один над камерами выключателей, другой — у стены трансформаторного помещения) предназначались только для ремонта и под напряжением вход на них предполагался запрещенным. К сожалению, из-за необходимости срочного

пуска в ход подстанции, установку привода к треншалтерам пришлось отложить. Два с половиной года подстанция работала без них и все маневрирование треншалтерами происходило с этих узких мостиков.

Несмотря на это, эксплуатация устройства 33 киловольт доказала весьма ценные свойства нового типа конструкции подстанции.

Для примера достаточно привести случай, имевший место 2-го июля 1927 года. В этот день производилось включение в работу нового масляного выключателя 33 киловольт, полученного от французской фирмы. Выключатель был поставлен под напряжение (без нагрузки) на 15 минут. Затем напряжение было снято и после включения шинных треншалтеров через этот масляный выключатель был дан ток. Сила тока не превышала 150 ампер. Через 20 минут в камере нового выключателя произошел сильный взрыв и оттуда повалил дым и показались огни. Одновременно с этим произошло короткое замыкание, в результате которого выключатель, все линейные и трансформаторные масляные выключатели. Немедленно, до окончания тушения пожара в камере масляной, поврежденный выключатель был отсоединен треншалтерами от сборных шин. Последние были восстановлены под напряжение и след за этим, было восстановлено питание отходящих линий от одного оставшегося в работе трансформатора. На все эти операции потребовалось около 15 минут. В помещении подстанции не было обнаружено ни малейших следов дыма и копоти.

Между тем сила взрыва была такова, что не только были разбиты стекла над железными дверями камеры выключателей (см. рис. 10), но и самые двери были раскрыты и взорваны. Выбросившиеся на камеру газы и дым дали факел выше крыши здания, о чем свидетельствуют следы загорания стен, видимые на той же фотографии (рис. 10). Возникший в камере пожар (горело масло в погруженном и оторвавшимся кожухе) был потушен песком.



Рис. 10. Наружный вид ячейки выключателя Измайловской подстанции 33 кв. после аварии.

Тушение пожара значительно облегчилось тем, что, в виду полной изолированности камеры и выхода ее наружу, можно было, не опасаясь близости частей устройств, находящихся под напряжением, сосредоточиться на месте пожара большое количество людей и работать на открытом воздухе, а не в наполненном дымом помещении.

Вид выключателя после взрыва дан на рис. 11. Повреждение его произошло от перекрестия деревянной траверсы, на которой укреплены подвижные контакты, вероятно, вследствие недостаточно тщательной просушки траверсы и удаления на нее осев на заводе.

1) Воздушный эквипажер не был автоматизирован.
2) Начало статьи см. Выпущенный Инжколлегией МОЭС № 4, стр. 22-23.



11. Вид выключателя Измайловской подстанции 33 кв. после аварии.

Сам камера оказалась покрытой толстым слоем копоти, а проходные трансформаторы тока и втулки не только поврежденными (рис. 12). Большинство из них короткое замыкание было равносильно короткому на шинах.



12. Внутренний вид камеры выключателя Измайловской подстанции 33 кв. после аварии.

ременной переключатель шинные трещалытеры были лены с трансформатором поиню выключателя, что можно видеть из изображенного на рисунке 9 поперечного разреза, осуществляется чрезвычайно просто, и трансформатор был включен в работу через шинно-соединительный масляный выключатель по схеме рис. 13. После

этого можно было спокойно и не торопясь приступить к восстановлению оставшихся без напряжения камер и замене поврежденного выключателя другим.

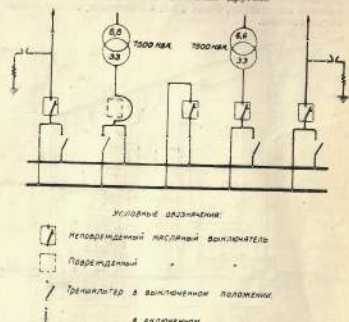


Рис. 13. Временная схема устройства 33 кв. Измайловской подстанции после аварии.

Взрыв выключателя в устройстве обычной конструкции не прошел бы так безболезненно. Для тушения пожара и обтирки изоляторов пришлось бы выключить всю подстанцию на продолжительное время. Таким образом, перерыв в работе подстанции был бы гораздо значительнее, а восстановительные работы сложнее и дороже, так как пришлось бы заново покрасить всю подстанцию.

Однако, наряду с достоинством устройства 33 киловольт Ирмайловской подстанции, выяснились также и недостатки его, как, например:

1) При одновременном расположении камер выключателей и при большом числе линий и трансформаторов здание получается длинным и дорогим.

2) Укрепление шин на подвесных изоляторах оказалось недостаточно прочным: шини дрожали и гнулись при коротких замыканиях.

3) Отсутствие перегородок между трещалытерами и недостаточные размеры верхних мостиков затрудняли в

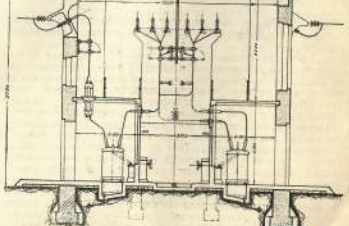


Рис. 14. Типовой поперечный разрез новых устройств 33 кв. подстанций Московского кольца.

самом безопасности ремонтные работы и вызвало неудобства в обслуживании устройства.

При проектировании новых устройств 33 киловольт Московского кольца эти недостатки были учтены и была разработана конструкция, которая, при сохранении положительных качеств устройства Ирмайловской подстанции, позволила бы устранить его отрицательные свойства.

растворяющимися железными дверями. Расположение этой аппаратуры, в отличие от Ирмайловской подстанции, принято 2-рядное в шахматном порядке, чем достигнута значительная экономия площади, занимаемой устройством, так как выбранная по длине здания ширина ячеек масляных выключателей в 4,400 м/м диктуется не шахматным расположением аппаратуры, а размерами трещалытерных

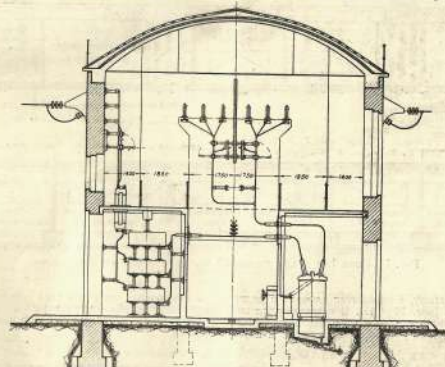


Рис. 15. Здание 33 кв. Карачаровской подстанции. Поперечный разрез по кабельному фидеру.

Такая конструкция изображена на рис. 14. Здание этого распределительного устройства, как и в Ирмайловской подстанции, двухэтажное. В первом этаже устанавливаются масляные выключатели, а во втором трещалытеры и сборочные шины. Вся аппаратура 1-го этажа устанавливается в совершенно изолированных от остальной части устройства камерах, закрытых снаружи легко

выключателей VI серии с разрывной мощностью в 1.000.000 кв.

В коридоре управления устройства помещаются магнитные приводы масляных выключателей (мощности включения и выключения приводов 19 и 0,7 килоуатт) и механические приводы шинных трещалытеров.

Отсутствие над этим коридором потолочного перекрытия делает его светлым и позволяет персоналу, находящемуся в 1-м этаже, видеть в каком положении находятся трещалытеры сборных шин и отходящих линий (в Ирмайловской подстанции трещалытеры отходящих линий не видны из коридора управления).

В полу коридора управления устраивается кабельный канал, перекрытие которого выполняется с помощью в не-

стореваемых.

Монтаж и ремонт как шинных, так и линейных трещалытеров производится с достаточной простотой боковыми коридорами, расположенных во 2-м этаже здания. Для безопасности этих работ трещалытеры отдельных групп отделены друг от друга железобетонными перегородками.

Расположение сборных шин принято горизонтальное с расстоянием между фазами в 750 мм. Крепление их выполнено на опорных изоляторах. Рабочая и запасная системы шин разделены перегородкой, к нижней части которой прикреплены шинные трещалытеры.

Здание запроектировано на кирпиче, оштукатурено, оштукатурено, с оштукатуренной крышей, деревянными рамками и железными дверями.

При проектировании этого устройства была сделана попытка разработать вариант с масляными выключателями, помещенными, как в зданиях 6,600 киловольт, над «крышиными» камерами. К сожалению, ввиду наличия отходящих воздушных линий, здание при этом варианте получалось 3-этажным, большим по объему, более сложной конструкции и без каких-либо эксплуатационных преимуществ.

Как уже упоминалось, на каждом фидере 33 кило-

вольт намечена установка реактивных катушек с реактан-

сом в 6%,

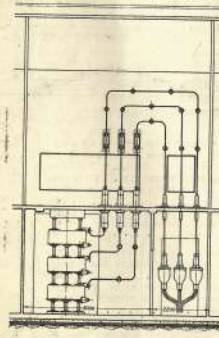


Рис. 16. Здание 33 кв. Карачаровской подстанции. Продольный разрез по реакторной и кабельной ячейкам.

новки при чистой конденсационной работе.
— Термическая экономия от регенеративного цикла.

второй баланс подогревателя III (см. черт. 1):

$$(1 - a_1) t_1 + a_1 t_2 = t_3 \text{ III,}$$

$$a_1 = \frac{t_3 - t_1}{t_2 - t_1}$$

второй баланс подогревателя II:

$$(1 - a_1 - a_2) t_1 + a_2 t_2 = (1 - a_1) t_3 \text{ IV,}$$

$$a_2 = \frac{(1 - a_1)(t_3 - t_1)}{t_2 - t_1}$$

второй баланс подогревателя I:

$$(1 - a_1 - a_2) t_1 + a_2 t_2 = (1 - a_1 - a_2) t_3 \text{ V,}$$

$$a_3 = \frac{(1 - a_1 - a_2)(t_3 - t_1)}{t_2 - t_1}$$

$$(1 - a_1 - a_2 - a_3) t_1 + a_3 t_2 + a_4 t_3 = t_4 \text{ VI,}$$

$$a_4 = \frac{(1 - a_1 - a_2 - a_3)(t_4 - t_1)}{t_2 - t_1}$$

$$t_1' = \frac{t_1}{t_2 - t_1}$$

$$\xi_{\%} = \frac{t_1' - t_1}{t_1} \cdot 100\%$$

аналогичным формулам производился расчет для одного и двух отборов.
Результаты подсчетов для одного и двух отборов на рис. 2. Кривые изображают зависимость между величиной экономии и температурой подогрева воды одного отбора. Кривые изображены тонкими линиями, так как они являются промежуточными. Кривые показывают также экономии, даваемые в том первом подогревателе.

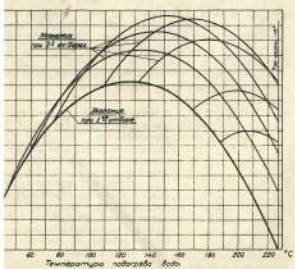


Рис. 2. Экономия при одном и двух отборах.

на черт. 2 дано также представление о выгоде от комбинации подогрева воды в 1-ом и 2-ом подогревателях, но особенно выделено и яркое представление о выгоде от комбинации подогрева воды в 1-ом и 3-м подогревателях.

на черт. 3, полученные из кривых на черт. 2. Кривые эти представляют собой «кривые одинаковой экономии при различных комбинациях подогрева воды в 1-ом и во 2-ом подогревателях». Все эти кривые располагаются в треугольнике ABC , полученном следующим образом:

Прямая AB представляет собой тот предельный случай, когда температура воды после 2-го подогревателя равна температуре после 1-го подогревателя, т.е. подогрев воды во втором подогревателе равен нулю.

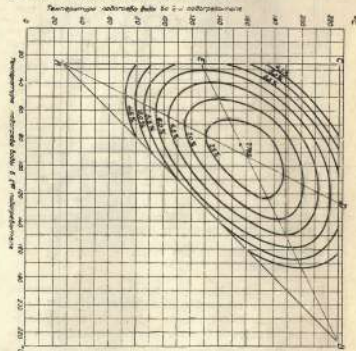


Рис. 3. Кривые одинаковой экономии при различных комбинациях подогрева воды в 1-ом и во 2-ом подогревателях.

Прямая AB представляет собой тот предельный случай, когда температура после 1-го подогревателя равна 26°C , т.е. подогрев в 1-ом подогревателе равен нулю.

Прямая BC представляет собой предельную температуру подогрева воды, т.е. температуру насыщенного пара минус $\Delta t = 10^\circ\text{C}$, в данном случае для 53 атм. абс. это составляет около 227°C .

Если в полученном треугольнике провести медианы AD и BE , то оказывается, что точка их пересечения совпадает с точкой наименьшей комбинации подогрева в 1-ом и во 2-ом подогревателях.

Далее, если задаться какой-нибудь температурой подогрева в 1-ом подогревателе, то наименьшей температурой подогрева воды во 2-ом подогревателе определится как точка касания вертикали, проведенной через заданную температуру с некоторой кривой постоянной экономии.

Как легко ускорить из чертежа, все точки касания вертикалей с кривыми одинаковой экономии лежат на медиане BE , т.е. медиана BE является геометрическим местом наименьшей температуры подогрева воды во втором подогревателе при различных заданных температурах подогрева в 1-ом подогревателе.

Например, если нам задано, что в 1-м подогревателе вода подогревается до 150°C (см. черт. 3), то наименьшей температурой подогрева воды во 2-м подогревателе найдем, проведя вертикаль через точку 150° до пересечения с медианой BE .

Аналогичная картина получается, если задана температура подогрева воды во 2-ом подогревателе и требуется определить наименьшую температуру подогрева воды в 1-ом подогревателе. В этом случае медиана AD является геометрическим местом наименьшей температуры подогрева воды в 1-ом подогревателе при различных заданных температурах подогрева воды во 2-м подогревателе. Чтобы определить наименьшую температуру подогрева воды в 1-ом подогревателе при заданной температуре подогрева во 2-ом, нужно через заданную температуру провести горизонталь до пересечения с медианой AD и из точки пересечения опустить перпендикуляр на ось абсцисс.

Благодаря таким свойствам медиан AD и BE представляется возможным вывести простое правило определения наименьшей температуры подогрева воды, которое позволяет сделать обобщение на любое число отборов. Из того обстоятельства, что при двух отборах и свободе выбора температур подогрева воды в каждом из подогревателей наименьшей температурой подогрева воды в каждом из подогревателей должна лежать на пересечении медиан, вытекает, что для достижения максимальной экономии при двух отборах подогрева воды в 1-ом подогревателе должен равняться подогреву воды во 2-ом подогревателе и должен равняться одной трети от разности $227 - 26$, т.е. подогрев в каждом подогревателе должен равняться

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{3} = 67^\circ$$

Как показал расчет для случая 3-х отборов, для достижения максимальной экономии подогрев воды в каждом подогревателе должен составлять в этом случае

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

$$\frac{227 - 26}{4} = 56^\circ$$

т. е. пара перед турбиной — $\Delta t = t_{\text{конд.}}$ делить на число отборов плюс единицу. Полученный результат представляет собой подогрев в каждом подогревателе". На основании этого правила построены кривые на т. 4 при условии

$$\Delta t = 10^\circ \text{ и } t_{\text{конд.}} = 36^\circ.$$

На практике могут встретиться случаи, когда выбит конечную температуру подогрева воды при нескольких отборах, не соответствующую наименьшей. При этом метки и наименьшей температура подогрева воды заданных подогревателей.

На черт. 5 и 6 нанесены кривые, дающие возможность задать наименьшую температуру подогрева в 1-ом и 2-ом подогревателях при заданной конечной температуре подогрева воды для случаев 2-х и 3-х отборов. На практике может встретиться и такой случай, когда метки и наименьшей температура подогрева воды и наименьшей конечная температура подогрева. На черт. 7 даны кривые, по которым можно заранее задать наименьшую конечную температуру подогрева для двух отборов при заданном месте 1-го отбора. Пунктирная кривая на черт. 7 представляет собой наименьшую температуру подогрева воды при двух отборах

в том случае, когда температура подогрева воды в 1-ом подогревателе нам не задана и мы ее выбираем наименьшей.

В случае, если в схеме регенеративного цикла имеются испарители, то в зависимости от места включения холодильника испарителя, получаются разные влияния на выбор наименьших мест отбора. Обычно пар для испарителя берется на 2-го отбора. Если холодильный испаритель смещается конденсатором, уже пришедшим через первый подогреватель, то испаритель следует рассматривать как часть 2-го подогревателя; если же холодильный включен до 1-го подогревателя, то следует за 1-м концом принимать температуру конденсата после холодильника и дальнейший расчет вести так, как при отсутствии испарителя.

В заключение укажем, что вышеприведенное правило для выбора наименьшей температуры подогрева воды является для схемы регенеративного процесса, показанной на черт. 1, и для случая, когда к. п. д. части ступеней турбины равен к. п. д. всей турбины, что верно только для мощных многоступенчатых турбин, а кривые, кроме того, построены при условии $\Delta t = 10^\circ$ и $t_{\text{конд.}} = 36^\circ$. В случае, если к. п. д. отдельных ступеней турбины различны, наименьшие места отбора могут сдвинуться в ту или иную сторону. Для такого случая расчеты не производились, но можно ожидать, что значительного сдвига наименьших мест отбора не произойдет.

Причины механических повреждений однофазных дрессельных катушек в электрических сетях 30.000 вольт.

П. В. Савельев.

Причины повреждения и падения плоских дрессельных катушек, устанавливаемых на 30 киловольтных подстанциях трансформаторов с целью защиты последних от М с крупным фронтом, неоднократно наблюдались за последнее время по мере аварии (Кожуховская, Савинская и др.). Также заметна на глаз недостаточная прочность этих катушек, поставившихся ГЭТом до погребения в виде неспешных однофазных катушек, побудив Управление Сетей МОГЭС обобщить вопрос об их механической прочности при фазном замыкании, с какой целью и был проведен эксперимент, основанный на опытных данных, расчет продольного механического взаимодействия этих дрессельных катушек.

Для расчета проведен по способу, изложенному в статье Воронова «Электричество» 1925 г. № 9, в предположении фазного короткого замыкания двух соседних фаз (напр. перерыва 30 кв. пуглок силового трансформатора), такими же дрессельными катушками оказываются все остальные последовательно в одну цепь, вследствие чего токи совпадают по фазе.

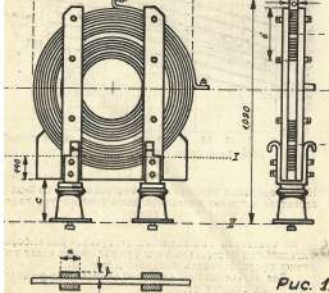


Рис. 1

Средняя величина силы механического взаимодействия катушек при эффективном значении тока короткого замыкания I_k по формуле

$$P = 10^{-7} \frac{I_k^2}{r} \left(\frac{L_1 - L_2}{L_1 + L_2} \right) (1), \text{ где}$$

$$I_k = 24 \text{ и } 314.$$

I_k — сила тока, проходящего через катушку при измерении электродвижущей силы взаимной индукции в соседней с ней катушке.

L_1 — электродвижущая сила взаимной индукции при расстоянии между катушками L_1 .

L_2 — то же при расстоянии между ними L_2 .

L_3 — электродвижущая сила взаимной индукции при расстоянии между катушками L_3 .

L_4 — расстояние между соседними катушками, увеличенное против нормального для получения $L_3 = L_4 - \Delta L$.

L_5 — то же, уменьшенное против нормального для получения $L_3 = L_5 + \Delta L$.

L_6 — нормальное расстояние между катушками, при которых электродвижущая сила взаимной индукции равна L_6 .



Рис. 2

Измерения были произведены у катушек, установленных перед трансформатором мощностью 2500 квт, 33,33 квт/вт на Дресневской подстанции.

Электронические данные и размеры катушек нижеследующие (см. рис. 1):

Z — число витков — 96; i — нормальный ток — 80 А; L — коэффициент самовозбуждения — 40 В; a — 20 мм; b — 315 мм; D — 500 мм; D_m — 500 мм; C — 280 мм; L — 880 мм; Φ — 16 мм; d — 100 мм; r — 85 мм; r_1 — 25 мм.

Определение электродвижущей силы взаимной индукции производилось по схеме рис. 2, причем каждый раз измерялись расстояния между центрами катушек (L_1 , L_2 и L_3), сила тока в первой из них (I_k) и электродвижущая сила в соседней (L_1 , L_2 и L_3).

Измерения производились с помощью проверенных тестовыми приборами «Натман» и «Викон» с зеркальными шкалами или результаты, приведенные в нижеследующей таблице:

№ катушки	Расстояние между катушками L	Сила тока в первой катушке I_k	Электродвижущая сила во второй катушке E	Производная $\frac{dE}{dL} = \frac{E_1 - E_2}{L_1 - L_2} \cdot 10^9$ вычисленная по результатам измерений (М. коэффициент взаимной индукции)
1	$L_1 = 350$ $L_2 = 340$ $L_3 = 380$	57	$E_1 = 11,3$ $E_2 = 12,2$ $E_3 = 10,4$	$0,00673 \cdot 10^9$
2	$L_1 = 450$ $L_2 = 428$ $L_3 = 480$	56	$E_1 = 6,2$ $E_2 = 6,8$ $E_3 = 5,6$	$0,0061 \cdot 10^9$
3	$L_1 = 500$ $L_2 = 470$ $L_3 = 520$	53,5	$E_1 = 5$ $E_2 = 5,4$ $E_3 = 4,6$	$0,00599 \cdot 10^9$
4	$L_1 = 630$ $L_2 = 572$ $L_3 = 655$	70	$E_1 = 4,5$ $E_2 = 4,9$ $E_3 = 4,1$	$0,00516 \cdot 10^9$
5	$L_1 = 750$ $L_2 = 700$ $L_3 = 810$	65	$E_1 = 2,5$ $E_2 = 3$ $E_3 = 2,1$	$0,00132 \cdot 10^9$

Пользуясь данными этой таблицы по формуле (1) легко вычислить средние величины механических усилий «р» для любых эффективных значений токов короткого замыкания. Так как для суждения о достаточности механической прочности катушек следует исходить не из средних, а из максимальных усилий, отвечающих амплитудным значениям тока I_k , то в дальнейшем все вычисления прочности катушек ведутся на эти максимальные значения, которые в виду пропорциональности усилий квадратам силы тока I_k имеют более средних значений I_k .

$$I_k = 24 \text{ и } 314.$$

Приведенные расчеты сделаны ориентировочно для величин тока двухфазного короткого замыкания (установившегося) в 3000 ампер (в 30 кв. сети), каковая величина была определена при разработке проекта одной из подстанций, вошедших в распоряжение управления сетей МОГЭС. Из материалов видно, что эта величина может считаться для большинства 30 кв. подстанций скорее преуменьшенной, нежели преувеличенной против тех, которые будут в действительности иметь место в ближайшие годы.

Подстановка данных таблицы в формулу (1) дает для всех пяти «опытов», соответствующих разным расстояниям между дрессельными катушками, следующие величины:

- 1) Для $L_1 = 350$ мм. $P = 2$ р. = 3840 кг.
- 2) $L_2 = 450$ мм. $P = 2$ р. = 2930 кг.
- 3) $L_3 = 500$ мм. $P = 2$ р. = 1720 кг.
- 4) $L_4 = 630$ мм. $P = 2$ р. = 1240 кг.
- 5) $L_5 = 750$ мм. $P = 2$ р. = 780 кг.

Расстояния — $L_1 = 350$ мм. и $L_2 = 750$ мм. надо считать практически предельными, при чем, конечно, во всех отношениях желательнее всегда поддерживать расстояния в 750 мм. между катушками. Из этих же цифр видно, что при увеличении расстояния между катушками в 2,14 раза сила их взаимодействия уменьшается в 5,05 раза, т. е. почти обратно пропорционально квадрату расстояний между ними, что свидетельствует о правильности произведенных измерений и подсчетов.

Иные величины механических усилий «р», легко произвести проверку катушек на механическую прочность.

Из приведенного выше опыта видно, что описанные сечения лежат в плоскостях I—I и II—II, при чем в первой из них подвергается изгибающим напряжениям боковые деревянные планки катушек (см. рис. 1) а во второй — фарфоровые изоляторы катушек.

Проверка на прочность конструкции в этих сечениях дает следующие результаты:

Сечение в плоскости I—I. Момент сопротивления каждой деревянной планки при ее изгибе:

$$W_p = \frac{b \cdot d^3}{6} = \frac{8,8 \cdot 3,5^3}{6} \approx 0,2 \text{ см}^3$$

Изгибающий момент от силы P , приложенной в центре катушки для двух планок, расположенных над обоими изоляторами:

$$M_p = 2 W_p K = \frac{P \cdot d}{2} \text{ откуда}$$

«K» — допускаемое напряжение на изгиб для дерева, которое не должно превышать 100—120 кг/см².

$$K_p = \frac{P \cdot d}{2 W_p} = \frac{P d}{4 W_p}$$

2) Сечение в плоскости II—II. Момент сопротивления на изгиб фарфорового изолятора типа δ_1

$$W_f = 0,85 \text{ при } d = 10, (d^3 = 10^3 = 1000) = 11 \text{ см}^3$$

и $d = 1,4$ см, откуда $W_f = 0,8 \cdot 11 \cdot 1,4 \approx 125 \text{ см}^3$.

Изгибающий момент от силы P , приложенной в центре катушки действующий на нижнее основание изолятора:

$$M_f = \frac{P \cdot l}{2} = W_f K_f \text{ откуда}$$

K_f — предельное напряжение на изгиб для фарфора, которое ни в коем случае не должно превышать 250 кг/см² (данный Испытательной Станции Завода «Изолятор»)

$$K_f = \frac{P l}{2 W_f}$$

В действительности же исходя из эффективной силы тока двухфазного короткого замыкания в 3000 ампер и пользуясь выведенными соотношениями для разобранных выше пяти случаев разных расстояний между катушками получаем:

- 1) Для $L_1 = 350$ мм. $K = 1170$ кг. $K_f = 1170$ кг.
- 2) $L_2 = 450$ мм. $K = 3190$ кг. $K_f = 896$ кг.
- 3) $L_3 = 500$ мм. $K = 1870$ кг. $K_f = 536$ кг.
- 4) $L_4 = 630$ мм. $K = 1250$ кг. $K_f = 378$ кг.
- 5) $L_5 = 750$ мм. $K = 827$ кг. $K_f = 232$ кг.

Иными словами механическая прочность катушек даже при максимально достигнутом на практике расстоянии в 750 мм. между катушками для сетей больших объемов, питаемых станциями значительных мощностей, в данном случае для сетей МОГЭС, оказывается совершенно недостаточной, причем полученные напряжения на изгиб дерева (в плоскости I—I) превышают допускаемые примерно в семь раз.

В плоскости II—II полученные напряжения на изгиб фарфоровых изоляторов оказываются меньше указанного, выше 250 кг/см² для расстояний между катушками не меньшими 700 мм; для всех меньших расстояний между катушками получаемые напряжения оказываются значительно выше предельных допускаемых (250 кг. см²).

Таблица VII.

Температура плавления золь подмосковного угля.

№ образца	Температура плавления золь		Температура плавления		Примечание
	Конус Зегера N	°C	Конус Зегера N	°C	
7012	27	1.610	29	1.650	Из котельной Каширской станции
7000	29-30	1.650	33	1.730	Из котельной Бобринской электростанции
7008	28-29	1.640	31	1.690	Из установки шахты № 44 Малеской группы Токваров. Рудоуправления

№ образца	Температура плавления золь		Температура плавления		Примечание
	Конус Зегера N	°C	Конус Зегера N	°C	
7718	30	1.670	33	1.730	От угля Шенских копей
7601	29	1.650	31	1.690	Из отвалов Бобринской электростанции

Испытание огнеупорности производилось в электрических кристаллических печах, в условиях окислительной атмосферы и скорости подъема температуры около 70° в минуту, сравнительно с конусами Зегера.

Несмотря на отсутствие данных о химическом составе золь, приведенные выше результаты представляют для нас особый интерес ввиду того, что условия окислительной газовой среды близко подходит к условиям сжигания пылевидного топлива.

Электропередачи 220 000 вольт.

Н. А. Поляк.

Районные электрические станции, снабжающие местное население или использующие гидравлическую энергию, постепенно становятся основными источниками электроснабжения крупных промышленных центров Союза СССР. По мере роста потребности приходится иметь дело с возрастающими расходами на транспортировку энергии, подталкивающими к созданию электростанций.

До сих пор времени для магистральных электропередач не уделялось, и в настоящее время напряжение районных станций несколько десятков тысяч, максимум 60-120 000 вольт, а в крупных промышленных центрах для передачи такой мощности на расстояние 120-150 километров вполне достаточно напряжения 110 000 вольт. Поэтому в таких случаях электропередачи с несколькими раздельными цепями (двойная линия или две двойные линии) совершенно правы, ибо вместе с достижением необходимой пропускной способности получается возможность при аварии в выходе из работы одной цепи передать все же определенную мощность по остальным, т.е. вестившим образом, осуществляется некоторый резерв в них.

В отдельных случаях, однако, мощность станции, подводящая к району потребления, настолько велика, что линия расположена на таком большом расстоянии, что напряжение 110 000 вольт оказывается недостаточным; расчеты, произведенные для таких случаев, показывают, что пришлось бы построить целый ряд параллельных линий, число которых выходит далеко за пределы того, которое желательно для обеспечения некоторого резерва.

В таких случаях приходится переходить на более высокие напряжения, которыми по международной шкале являются: 165 000 и 220 000 вольт.

Расчеты для напряжения 220 000 вольт производятся в настоящее время для следующих проектируемых в Союзе линий электропередач: Сиверской (Женитградский район), Искровой и Бобринской (Московский район) и электростанции Днепродзержинск-Доббас.

По мере дальнейшего развития в СССР крупных электростанций будут возникать проекты применения напряжений 220 000 вольт и в других районах.

Настоящая статья должна дать представление об основных технических и экономических (в условиях Союза) условиях, характеризующих электропередачи 220 000 вольт, бы тем самым упростить предварительный подход к вопросу об их проектировании.

Первые электропередачи 220 000 вольт построены в 1924 году в Калифорнии (Сев. Америка), для передачи энергии с гидроэлектростанций. Дальность передачи — от 320 до 480 километров.

В дальнейшем в той же Северной Америке построены ряд электропередач 220 000 вольт также для передачи энергии с гидроэлектростанций и для объединения электрических сетей, таковы линии: Wallapaiack Hydro-Electric, Great Western Power Co., St. Joaquin Light & Power Company и др.

В настоящее время заканчивается постройка электропередачи 220 000 вольт от гидроэлектрической установки Соопинго (на реке Сан-Хуан), которая по трем одинарным линиям будет передавать до 400 000 киловатт на расстояние около 100 километров.

В Европе до сих пор времени построена лишь одна линия 220 000 вольт от станции Гальденберг (район Кельна) до Мангейма в Германии, но до настоящего времени линия работает под напряжением 110 000 вольт. Такая картина только Америка обладает длительным опытом в постройке и эксплуатации линий 220 000 вольт. Европа лишь начинает свою работу в этой области.

Однако европейские электротехнические фирмы уже разработаны многофазные конструкции проводов, соединительных клемм и прочего материала для воздушных линий; у тех же фирм имеются разработанные конструкции аппаратуры и трансформаторов для подстанций 220 000 в.

Америка строит линии 220 000 в, преимущественно одинарными с горизонтальным расположением проводов. Такими же калифорнийских линий, новые линии Wallapaiack Hydro-Electric и заканчивающиеся постройкой линии от Соопинго. Некоторая часть калифорнийских линий, линия соединяющая сети Great Western Power Co. и St. Joaquin Light and Power Co. — построены двойными (шесть проводов на одной опоре). Германская линия также двойная.

Одноразная линия с горизонтальным расположением проводов дает возможность более низко расположить провода над землей; этим значительно понижается величина возможных электрических перенапряжений и кроме того почти полностью устраняется опасность соприкосновения проводов при тяжелых атмосферных условиях (гололед, буря и т.д.). С другой стороны, на односторонней линии, после ее отключения, всегда можно производить ремонт; ремонтировать же обе цепи двойной линии, в то время, как вторая находится в работе, почти невозможно.

3) См. отрывок из книг и журналов (стр. 78) Первая установка 220 000 вольт в Европе.

Линия 220 000 вольт является в условиях Союза преимущественно магистральной, надежность работы которой должна быть максимальной. По тем условиям, с передачей которых придется иметь дело в ближайшее время, трудно предположить, чтобы могла возникнуть необходимость в постройке больше, чем трех параллельных одинарных линий, в такое число линий является совершенно нормальным. Эксплуатационная надежность и возможность производства ремонта отключенной линии оправдывают некоторый перерасход (на опоры-фундаменты и металлические конструкции) по сравнению с двойными линиями.

А. Электрический расчет электропередач 220 000 вольт.

1. Расчет воздушных линий.

На воздушных линиях 220 000 вольт применяются в качестве проводников поля медь и алюминий-стальной трос.

Ввиду значительной мощности, передаваемой по линиям 220 000 вольт, применяются проводники больших сечений, обычно 185 и 240 кв. мм, в исключительных случаях еще выше.

Поля медь изготавливается разных наружных диаметров и разных нормированных сечений; при сечении меди от 185 до 400 кв. мм. наружный диаметр изменяется от 25 до 48 мм.

Алюминий-стальной проводник состоит из стального витого троса и алюминиевого покрова. Последний делится на две части, навитые в противоположном направлении на стальной трос. Пространство по тросу в значительной мере следует антикал алюминийного покрова. Так как находящийся внутри стальной трос является железным сердечником, то при прохождении тока по алюминиевым виткам в стальном тросе возникает потеря на гистерезисных вихрях Фуко. Делением алюминийного покрова на две части с противоположным направлением витков достигается почти полная компенсация магнитных потерь; дополнительные потери в таких двухслойных проводниках обычно не превышают 2% потерь, обусловленных омическим сопротивлением алюминия 1).

Алюминий-стальные проводники, изготовляемые на германских заводах, нормированы таким образом, что по электрической проводимости они эквивалентны обычным нормальным сечениям меди и обозначаются номерами этих сечений. Так например, алюминий-стальной проводник № 180 эквивалентен по проводимости сечению меди 180 кв. мм., проводник № 240 — сечению меди 240 кв. мм. и т.д. При этом учитывается проводимость только алюминийного покрова.

В таблице 1 приведены основные величины, характеризующие поля медь, в таблице 2 — алюминий-стальной проводник.

Таблица 1				
Сечение медь	Наруж. диам. проводника	Вес 1000 метров	Строительная длина барабана	Вес барабана
185 кв. мм.	25 мм.	1860—1945 кгр.	1250 мтр.	600 кгр.
240 кв. мм.	25 мм.	2375—2520 кгр.	1000 мтр.	600 кгр.

Таблица 2				
№ (или эквив. сечение медь)	Наруж. диам. проводника	Вес 1000 метров проводника кгр.	Суммарное сечение проводов кв. мм.	Соотношение сечений стали и алюминия
№ 150	21,1 мм.	1634—1165	308,3	1:5,87
№ 185	25,7 мм.	1295—1440	882,9	1:5,75
№ 240	28,1 мм.	1634—1845	491,7	1:8,10

1) O. Burger. Berechnung von Drehstrom-Kraftübertragungen — стр. 13.

Как видно из таблицы 2, соотношение сечений стального троса и алюминийного покрова колеблется около 1:6. Будучи натянут на линии с такой же надежностью, как медный, проводник алюминий-стальной дает ту же нагрузку; в механическом расчете приходится по вниманию лишь стальной жила 7).

Одинарные линии 220 000 вольт выполняются обыкновенно с горизонтальным расположением проводников; расстояние между фазами колеблется от 3,1 до 7,5 метров. Считаясь с наименьшим сечением 185 кв. мм. и наименьшим наружным диаметром 25 мм. для дальнейших расчетов, приписав расстояние между соседними фазами в 6 метров. Для проверки этой величины получаем формулу А. А. Глазунова для выбора расстояния (D) между проводниками линий передач 8):

$$D = 0,75 \frac{I}{\sqrt{f}} + 2,3 \cdot K$$

При пролете между соседними опорами в 300 метров формула дает нижеследующие результаты.

$$D = 0,75 \frac{300}{\sqrt{f}} + 2,3 \cdot 220 = 565 \text{ см.}$$

Таким образом, выбранное расстояние (600 см.) оказывается достаточным.

Проверка на коронирование по формуле Река показывает, что при наружном диаметре проводника 25 мм. и плотности воздуха 0,0 критическое напряжение (невидная корона) равняется 225 000 вольт. Так как указанная плотность воздуха является уже достаточно неблагоприятным условием, то принятое расстояние между проводниками (600 см.) следует и в отношении коронирования считать достаточным.

Расчет длинных воздушных линий обычно ведется по следующим формулам Штейнхейта, дающим соотношение между напряжением и силой тока в начале и конце:

$$P_1 = P_2(a + jb) + Z_1 I_2(a + jb) \cdot L \dots \dots (1)$$

$$I_1 = I_2(a + jb) + Y_1 P_2(a + jb) \cdot L \dots \dots (2)$$

где P_1 и I_1 — фазовое напряжение и сила тока в начале линии, P_2 и I_2 — фазовое напряжение и сила тока в конце линии, a и b — косинусы сопротивления и емкости проводимости на 1 километр линии, L — длина линии в километрах.

Все выражения в формулах (1) и (2), кроме L , в комплексной форме. Значения величин Z и Y и $f = \omega C$ для одинарной линии 220 000 вольт приведены в таблице 3.

Таблица 3.				
Проводники	R	ωL в Ом	ωC в мкФ	мС
Поля медь 185- (Ф 25 мм.)	0,0075 Ом/км.	0,417 Ом/км.	27,3 · 10 ⁻⁶ мкФ/км.	
Поля медь 240- (Ф 25 мм.)	0,0056 "	0,417 "	27,3 · 10 ⁻⁶ "	
Алюм.-сталь № 185 (Ф 25,7 мм.)	0,0075 "	0,415 "	27,4 · 10 ⁻⁶ "	
Алюм.-сталь № 240 (Ф 28,1 мм.)	0,0056 "	0,407 "	28,0 · 10 ⁻⁶ "	

1) Kapper, Freileitungsbau, стр. 18.

2) «Электротехник», 1926 год, № 8, стр. 362.

3) Коэффициенты самоиндукции подсчитаны по обычной формуле для сплошного проводника. Более точные подсчеты дают для полого проводника уменьшение коэффициента, зависящее от диаметра и сечения; однако даже при чисто цилиндрическом проводнике уменьшение не превышает 1-2%. Так как настоящая статья основана на предположении, что на поля медные проводники с внутренним диаметром и приведенные данные должны служить главным образом для предварительных расчетов, — то распределение токов (по сечению) как в поле медном, так и алюминий-стальном проводнике не учитывалось и симметричность определялась по формуле для сплошного проводника.

Коэффициенты $\alpha^2, \alpha^4, \alpha^6, \alpha^8$ и α^{10} в формулах (1) и (2), зависящие от длины линий, представлены на диаграмме № 1.

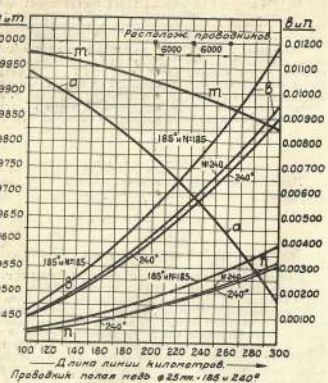


Диаграмма № 1. Коэффициенты основных уравнений для расчета одинарной линии 220.000 вольт.

Для того, чтобы упростить расчеты напряжения в начале линии, первой формуле придаем следующий вид:
$$P_1 = P_2(a + jb) + jI_2(R' + j\omega L') \dots (1')$$

Значения $R' + j\omega L'$, равные произведению $Z_0(m + jn) \cdot L$, указаны на диаграмме № 3.

Качество эксплуатации пользования диаграммами приведем следующий пример. По одинарной линии 220.000 вольт, длиной 225 километров, с проводником из голубой меди $\times 185$ кв. мм. (С 35 мм.), передается 80.000 киловатт.

Напряжение на приемном конце линии 200.000 вольт, коэффициент загрузки линии = 0,85. Необходимо определить напряжение мощности в начале линии.

Для линии длиной в 225 километров из диаграммы 1 и таблицы 3 имеем следующие коэффициенты:

$$\alpha = 0,9710, \quad b = 0,0067, \quad m = 0,9900, \quad n = 0,0022$$
$$\alpha^2 = 0,9428, \quad \alpha^4 = 0,8890, \quad \alpha^6 = 0,8417, \quad \alpha^8 = 0,7990, \quad \alpha^{10} = 0,7600$$

$$R' = 273,10 \cdot 10^{-3} = 0,2731 \text{ Ом/км.}$$
$$L' = 273,10 \cdot 10^{-3} = 0,2731 \text{ Гн/км.}$$

$$P_2 = \frac{80.000}{0,85} = 94.118 \text{ киловатт.}$$

$$I_2 = \frac{94.118}{\sqrt{3}} = 54.000 \text{ ампер.}$$

$$P_1 = 115.800 (0,9710 + j 0,0067) + (231 - j 143) \cdot (0,0975 + j 0,417) = 112.000 + j 775 + (231 - j 143) \cdot (21,4 + j 92,5) = 130.000 + j 19.000 = A + jB \dots (1)$$

Подставляя указанные величины в формулы (1) и (2), получим следующие выражения:

$$P_1 = 115.800 (0,9710 + j 0,0067) + (231 - j 143) \cdot (0,0975 + j 0,417) = 112.000 + j 775 + (231 - j 143) \cdot (21,4 + j 92,5) = 130.000 + j 19.000 = A + jB \dots (1)$$

Sin φ tg φ как f(cos φ).

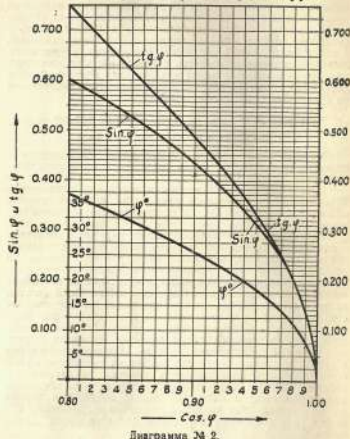


Диаграмма № 2.

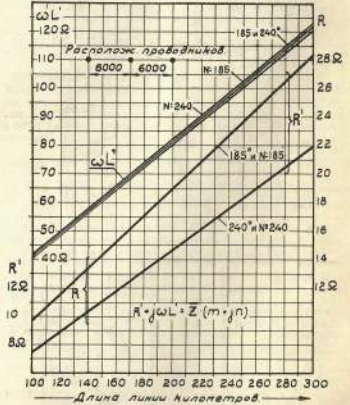


Диаграмма № 3. Приведенные омическое и индуктивное сопротивления одинарной линии 220.000 вольт.

$$\bar{P}_1 = (231 - j 143) \cdot (0,9710 + j 0,0067) + 115.800 \cdot j 0,0067 = 226 - j 187,5 + j 70 = 226 - j 117,5 = C + jD \dots (2)$$

$$P_{1a} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{130.000^2 + 19.000^2} = 131.000 \sqrt{3} = 227.500 \text{ вольт.}$$
$$I_2 = \sqrt{226^2 + 117,5^2} = 256 \text{ ампер.}$$

$$\text{Мощность в начале, как известно, равна } \frac{(AC + BD) \cdot 3}{1000} = 84.300 \text{ киловатт.}$$

$$\text{Какуюсь мощность в начале линии: } 227.500 \sqrt{3} \cdot 256 = 93.000 \text{ кВА.}$$

$$\text{Коэффициент мощности в начале линии: } \cos \varphi_1 = \frac{84.300}{93.000} = 0,91.$$

Коэффициент полезного действия передачи:

$$1 - \frac{84.300 - 80.000}{84.300} = 1 - 0,06 = 0,94, \text{ т.е. } 94\%$$

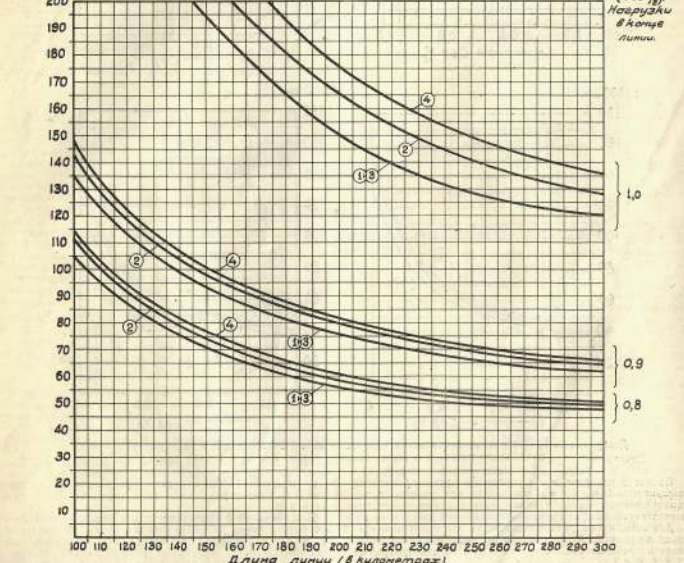
В таблице 4 представлены итоги подсчетов.

Таблица 4.

№№	Данные	Конец линии (нагрузка)	Начало линии
1	Напряжение	200.000 вольт	227.500 вольт
2	Сила тока	256 ампер	256 ампер
3	Мощность кВА	80.000 кВА	84.300 кВА
4	Мощность кВА	94.000 кВА	93.000 кВА
5	cos φ	0,85	0,91

Приведенное выше выражение для P_2 , полученное из формулы (1), может быть получено также и непосредственно из формулы (1'), в этом случае R' и X' соответственно равны 21,4 и $j 92,5$, прочитываются непосредственно из диаграммы № 3.

Нагрузка в конце линии тысяча киловатт.



Максимальная нагрузка линии:
(из условий нагревания проводника на 35° выше окружающ. воздуха)
1 - 3x185-полоса медь $\phi 25$ мм и 220.000 кВА
2 - 3x240-полоса медь $\phi 25$ мм и 220.000 кВА
3 - 3x185-алюм сп зль $\phi 25$ мм и 220.000 кВА
4 - 3x240-алюм сп зль $\phi 25$ мм и 220.000 кВА

Диаграмма № 4. Пропускная способность одинарных линий 220.000; напряжение в начале и конце соответственно 220.000 и 200.000 вольт.

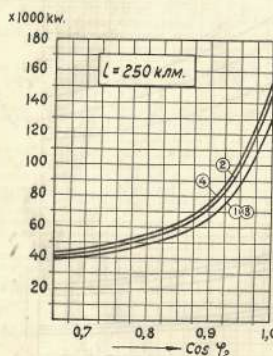
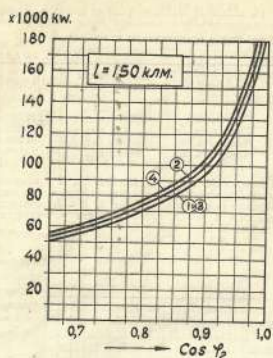
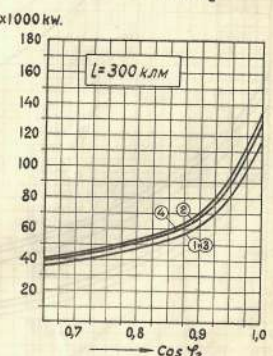
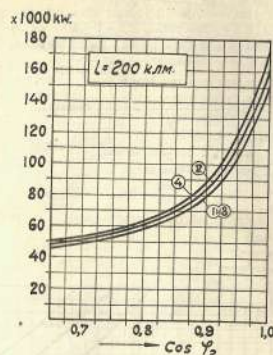


Диаграмма № 5. Пропускная способность одинарных линий 220.000 вольт в зависимости от $\cos \varphi_2$ напряжения в начале и конце соответственно 220.000 и 200.000 вольт.

Несмотря на приведенное упрощение путем применения на графиках и таблиц, все же приходится для расчета линии проводить для каждой данной нагрузки ряд подсчетов комплексными выражениями, отнимающими много времени.

Для того, чтобы дать возможность быстро ориентироваться в пропускной способности линий 220.000 вольт в проводнике, составлены диаграммы № 4, 5, 6 и 7.

Диаграмма № 4 представляет зависимость пропускной способности одинарной линии 220.000 вольт от длины линии, $\cos \varphi_2$ нагрузки и рода проводника. Напряжения в начале и конце линии приняты соответственно равными 220.000 и 200.000 вольт. Из этой диаграммы по заданным условиям без каких предварительных расчетов определяется мощность, которую может быть передана по линии. Так, например, для одинарной линии длиной 370 километров по алюминиевой проводке № 185 при $\cos \varphi_2$ нагрузки = 0,9 может



быть передано 64.000 киловатт; при $\cos \varphi_2 = 0,8$ и длине линии 150 километров может быть передано 70.000 киловатт и т. д.

Диаграмма № 5 представляет зависимость пропускной способности линии данной длины от $\cos \varphi_2$. Из диаграммы следует, что при данной длине линии пропускная способность определяется почти полностью коэффициентом мощности ($\cos \varphi_2$), сечение и род проводника имеют второстепенное значение.

Диаграмма № 6 представляет величину зарядного тока одинарной линии при напряжении в конце 200.000 вольт. По диаграмме № 7 может быть определена безваттная мощность синхронных конденсаторов, необходимая для повышения коэффициента мощности нагрузки до нового $\cos \varphi_2$.

Указанные четыре диаграммы дают возможность определить основные технические характеристики электропередачи в следующей последовательности: по диаграмме № 4 опре-

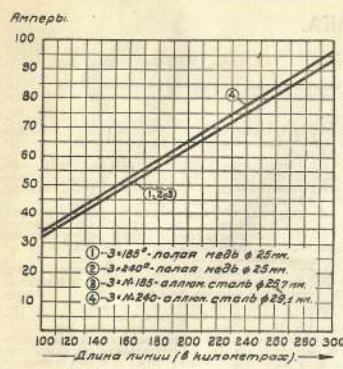


Диаграмма № 6. Зарядный ток одинарной линии 220.000 вольт (при $R_0 = 300 \text{ км}$).

деляется пропускная способность линии, отсюда необходимое число линий для передачи данной мощности; затем по кривым диаграммы № 6, а для промежуточных длин линий (напр., 176 км) построением этих кривых по данным диаграммы № 4, определяется $\cos \varphi_2$ в конце линии, необходимый для передачи данной мощности. Подсчитав силу тока в конце линии и определив зарядный ток, по диаграмме № 6 определяем силу тока в начале линии. По средней величине силы тока определяем потери в линии, затем мощность и $\cos \varphi_2$ в начале.

По диаграмме № 7 определяется безваттная мощность синхронных конденсаторов.

В качестве иллюстрации пользования диаграммами № 4-7 приведем следующий пример.

Необходимо передать 380.000 киловатт по электропередаче 220.000 вольт на расстояние 150 километров. При полной нагрузке коэффициент мощности ($\cos \varphi_2$) нагрузки равен 0,8. Из диаграммы № 4 видно, что пропускная способность линии этой длины составляет:

$$\begin{aligned} \text{при } \cos \varphi_2 = 0,8 & \text{ — около } 75.000 \text{ кВт.} \\ \text{при } \cos \varphi_2 = 0,9 & \text{ — около } 96.000 \text{ кВт.} \\ \text{при } \cos \varphi_2 = 1,0 & \text{ — около } 200.000 \text{ кВт.} \end{aligned}$$

Изменение пропускной способности линии данной длины в зависимости от $\cos \varphi_2$ представлено на диаграмме № 5. Из этой диаграммы следует, что для передачи всей мощности по двум одинарным линиям, т.е. при нагрузке по 190.000 киловатт на линию, необходимо иметь $\cos \varphi_2$ в конце линии, равный 0,94—0,96, в зависимости от рода и сечения проводника. Выбирая полую медь сечением 185 кв. мм, получаем из диаграммы № 5 необходимый $\cos \varphi_2 = 0,955$.

Сила тока в конце линии (при $U_2 = 200.000$ вольт) равняется:

$$I_2 = \frac{380.000}{2 \cdot 0,955 \cdot 200 \cdot \sqrt{3}} = 376 \text{ ампер.}$$

Каждая линия мощностью: $250.000 \cdot 0,955 = 261.200$ киловатт-ампер. Ваттная составляющая тока равняется $376 \cdot 0,955 = 359$ ампер. Безваттная составляющая равняется $376 \cdot \sin \varphi$ из диаграммы № 2).

Зарядный ток одинарной линии равняется (см. диаграмму № 6) 47 ампер; на эту величину уменьшится безваттный ток в начале линии. Общая величина тока в начале линии будет равна:

$$I_1 = \sqrt{359^2 + (118 - 47)^2} = 366 \text{ ампер.}$$

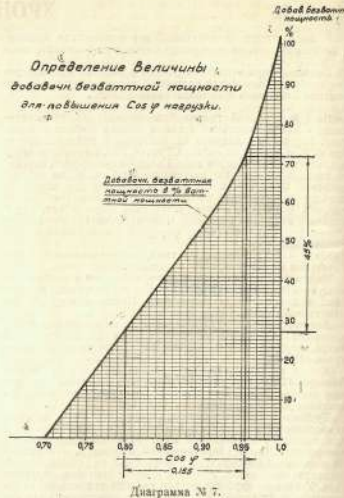


Диаграмма № 7.

По средней величине силы тока в начале и конце 371 ампер определяем потери мощности в линии, которые могут быть выражены формулой:

$$\Delta P = \frac{I^2 \cdot R \cdot L}{1000} \text{ киловатт,}$$

где I — указанная средняя сила тока в амперах, R — омическое сопротивление одного километра в омах (см. таблицу 3) и L — длина линии в километрах.

Для нашего примера потери на одну линию составят:

$$\Delta P = \frac{3 \cdot 371^2 \cdot 0,0075 \cdot 150}{1000} \approx 6.000 \text{ киловатт, а на две линии } 12.000 \text{ киловатт.}$$

Мощность в начале линии составит $250.000 + 12.000 = 262.000$ квт.

Какая-либо мощность на две линии в начале:

$$220 \cdot \sqrt{3 \cdot 366 \cdot 2} = 277.000 \text{ квт.}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{262.000}{277.000} = 0,945.$$

Результаты такого приближенного расчета линии представлены в таблице 5.

Таблица 5.			
№	Данные	Конец линии (нагрузка)	Начало линии
1	Напряжение	200.000 вольт	220.000 вольт
2	Сила тока	376 ампер	366 ампер
3	Мощность квт.	250.000 квт	262.000 квт
4	Мощность квт.	261.200 квт.	277.000 квт
5	$\cos \varphi_2$	0,955	0,945

(Продолжение следует.)

ХРОНИКА.

В этом разделе Бюллетеня будут помещаться краткие сведения о работах по расширению станций и сетей МОГЭС, о росте нагрузок, об отдельных случаях из эксплуатационной практики, об авариях, усовершенствованиях, достигнутых и проч.

Помещая ниже некоторые данные о работах по расширению станций и сетей, производимых в настоящее время, редакция сообщает, что более подробные данные об этих работах, в виде отдельных статей, будут помещены в следующих номерах Бюллетеня Инжколлективов МОГЭС.

На 1 Московской станции заканчиваются работы по установке в новой котельной 3 новых котлов Бабкокс и Вилькокс. Первый из указанных котлов пущен в работу 26 сентября с. г., а второй 22 октября. Третий котел предполагается пуск в декабре этого года. Котлы—водотрубные, морского типа, поверхность нагрева по 1592 кв. м., на рабочее давление 36 кг/см², с пароперегревателем для перегрева пара до температуры 400°C, производительностью (по гарантии фирмы) максимум до 93 тонн пара в час. Топки котлов с водяными экранами, поверхностью 180 м². Отопление—нефтяными отходами, форсунки с механическим распыливанием.

Обмуровка котла морского типа, т.-е. железными листами с плитками из огнеупорного материала.

Котлы снабжены водяными экономизерами и трубчатыми воздухоподогревателями патента Бабкокс-Вилькокс, дымососами и дутьевыми вентиляторами. Котлы этого типа являются пока самыми большими в СССР.

Для того, чтобы судить о размерах котла приводим его наружные габаритные размеры: ширина по фронту—19,35 метра, глубина—7,5 м, высота от уровня пола до верха котла—16 м.

Котлы предназначены для питания двух турбин Метро-Винклерс 17 600 квт. каждая. Интересно отметить, что, как выяснилось из эксплуатационной практики, один котел достаточен для питания одной такой турбины.

Турбины—одноцилиндровые, на давление 36 кг/см², при температуре пара до 380°C. Турбины имеют два отбора пара для подогрева питательной воды до 80°C и для питания испарителя. Число оборотов—2400 в минуту, генераторы 60 периодов, 6 000 вольт, $\cos \phi = 0,7$. Один из указанных турбогенераторов пущен в работу в конце сентября текущего года. У второго турбогенератора собрана турбина, но не закончен монтаж генератора, вследствие повреждения его ротора от падения при монтаже. В настоящее время на заводах Метро-Винклерс в Англии изготавливается новый ротор. По последним сведениям пуск в работу второго турбогенератора сможет состояться не ранее мая 1929 г.

Другой крупной работой, производимой на 1 МОГЭС, является работа по монтажу нового центрального распределительного устройства 6 000 вольт. Монтаж устройства в строенном в прошлом 1926/27 году здании в настоящее время заканчивается. Это устройство предназначено для распределения по 33 городским фидерам энергии, получаемой от всех генераторов и преобразователей частоты, установленных на 1 Московской Станции, от трансформаторов Шатурской подстанции при 1 МОГЭС и от нового генератора 27 000 квт, установленного на трамвайной станции 1).

Распределительное устройство занимает 5 этажей. В 1-м этаже установлены: большие вентили, трансформаторы напряжения, испытательные шины и кепи-тронное устройство; во 2-м этаже реактивные катушки фидера и секционные выключатели; в 3-м этаже—вызные фидеры масляных выключателей. В двух последних верхних этажах размещены крышки выключателей, их приводы, трансформаторы и сборные шины. Новое устройство практически начало работать в начале ноября, когда после поднятия шин с пола были оставлены в работе две секции из 4-х.

В настоящее время к новому устройству приключены: новый генератор Московской станции, новый генератор трамвайной станции и новые городские фидеры. Все остальные машины и фидеры работают от старого распределительного устройства 6 000 вольт в помещении самой станции, а также устройство соединено с новым помощью кабелей. Перевод фидеров со старого устройства будет производиться постепенно.

Одновременно с указанными работами в специально отведенном помещении на станции заканчиваются работы по монтажу нового шта управления, в котором сосредоточены управление и контроль над работой всех генераторов, транс-

форматоров, преобразователей частоты, городских фидеров и собственного расхода станции постоянного и переменного тока.

В настоящее время в работу вступила часть шта управления, соответствующая той части нового распределительного устройства, которая, как указывалось выше, уже вступила в работу.

На Шатурской ГЭС турбина, в начале ноября пущена самая крупная в СССР турбина, а именно турбина Броун-Бовери в 44 000 квт. Номинальные условия работы этой турбины: давление—10 атм, температура—375°C, при температуре охлаждающей воды—15°C.

Гарантированный расход пара при указанных условиях и коэффициенте мощности $\cos \phi = 0,8$ при полной нагрузке без регенерации—4,5 кгр. на 1 квт, а при регенерации—5 кгр.

Турбина состоит из 3 корпусов, причем в корпусе низкого давления пар разделяется на два параллельных потока и поступает в два конденсатора, расположенных под турбиной поперек ее оси. Три корпуса турбины, генератор, вентилятор для охлаждения генератора и возбудитель расположены на одном валу, так что общая длина турбогенератора составляет около 20 м. Турбина уже работала с нагрузкой до 41 000 квт.

В настоящее время рабочая мощность станции после пуска этой турбины увеличилась всего (по мощности котельной) на 32 000 квт.

Питание турбины паром производится от старой котельной, где дополнительно к ранее установленным 6 котлам Гербе по 750 кв. м. установлены 3 котла того же типа Викторовского завода по 1 200 кв. м. Новая котельная на 6 котлов по 1 200 кв. м. для питания до полной мощности как только что пущенной турбины, так и такой же второй турбины, к установке которой приступлено,—в настоящее время строится.

Вторую турбину в 44 000 квт. предполагается пуск в лето 1929 года.

Для выпуска энергии от новых турбин по 44 000 квт. на Шатурской Станции построено и вступило в эксплуатацию новое распределительное устройство 115 000 вольт открытого типа, с оборудованием Метро-Винклерс, и повысительные трансформаторы 6,6/115 кв. той же фирмы; пока работает одна группа мощностью 51 000 квт.

В течение строительного сезона в Московском районе производились крупные работы по сооружению новых высоковольтных воздушных линий электропередач и по постройке и монтажу мощных понизительных подстанций, на которых самым технически сложным сооружением является Московское высоковольтное кольцо. Из этих работ были закончены и пущены частично или полностью в эксплуатацию следующие объекты:

1) Натянута по ранее установленным опорам 2 цепи проводов 3×95 кв. мм на линии 115 кв. Шатура-Исток, протяжением 83 км и на участке Исток-Измайлово, протяжением 40 км, построена новая линия на металлических опорах с натяжкой одной цепи проводов 3×95 кв. мм. Благодаря этим двум работам Шатурская станция получила вторую транзитную связь с Москвой. Производство в скорейшее окончание этой работы диктовалось необходимостью создать выпуск электрической энергии от новой турбины Шатурской станции 44 000 квт. Обе эти линии включены в эксплуатацию во второй половине октября.

2) Начато постройкой и частично построенное в сезоне 1926/27 г. на участке Кожухово-Измайлово Московское высоковольтное кольцо (с проводами сечением 6×95 кв. мм), с рабочим напряжением 105 кв. было в текущем сезоне продолжено через Сокольники до Бутырок, протяжением 15 километров. В связи с окончанием этой работы полная длина построенной части кольца составляет 30 км, т.-е. половину его полной длины.

3) На том же Московском высоковольтном кольце построены и частично закончены мостками и пущены

в эксплуатацию три понизительные подстанции: Кожуховская, Карачаровская и Измайловская. На всех этих трех подстанциях закончены полностью, распределительные устройства 105 киловольт, причем на Измайловской и Карачаровской подстанциях эти распределительные устройства выполнены в виде установок на открытом воздухе, а на Кожуховской подстанции это распределительное устройство помещается в старом перестроенном здании. Кроме распределительных устройств 105 кв. на всех упомянутых подстанциях в значительной степени смонтированы или заканчиваются монтажом также распределительные устройства 33 и 6,6 кв. и щиты управления, причем на Измайловской подстанции в текущем году производятся все эти три работы. На Карачаровской подстанции монтируется только щит управления, так как постройка здания обща распределительных устройств вторичного напряжения намечена на будущий год и на Кожуховской подстанции заканчиваются монтажом распределительного устройства 6,6 кв. и щиты управления; распределительное устройство 33 кв. этой подстанции отсутствует по проекту.

4) Кроме первых 3 кольцевых подстанций на этом же Московском высоковольтном кольце в текущем сезоне закончены строительные работы по сооружению Сокольнической подстанции и построены и смонтированы временные подстанции в Бутырях и Филах. Последняя подстанция временно питается на напряжении 33 киловольт, так как линия кольца, как указывалось выше, построена пока только до подстанции в Бутырях.

5) Из крупных завершенных районных подстанций в текущем 1928 году произведены основные строительные работы на Истинской подстанции около Богородска, а также на подстанциях в городах Туле и Коломне. Для

удовлетворения требований электроснабжения Богородского района около упомянутой Истинской подстанции к началу торфяного сезона была построена, смонтирована и включена в работу временная подстанция, мощностью 18 000 квт. Кроме того приступлено к строительным работам на п-те в гор. Зарайске.

К монтажу всех этих подстанций будет приступлено по окончании строительных работ текущей зимой.

6) Помимо перечисленных выше работ по сети 105 кв. выполнены также большие строительные работы по расширению сети 33 киловольт, из них наиболее крупными являются:

а) постройка двойной линии на железных опорах от Сокольников до Подпоро, общин протяжением 18 км, и постройка также двойной линии на железных опорах от подстанции в Кунцево до подстанции в Филах, общин протяжением около 4 км.

б) постройка и монтаж подстанции в Подпороках для электрификации Северных ж. д. и постройка большой узловой подстанции в Щелково.

В общем все количество произведенных за год работ может быть охарактеризовано следующими техническими и финансовыми показателями:

а) Полная длина линий только на железных опорах, построенных за истекший год составляет около 80 км.

б) Общая мощность смонтированных и включенных трансформаторов достигнет 150 000 киловольтамп.

в) Общая сумма денежных затрат на производство в текущем сезоне работы достигает цифру 11,5 млн. руб., из них около 8 млн. рублей—расход в СССР и около 3,5 млн. руб. импортное оборудование.

Однако суммарная располагаемая мощность станций для покрытия этих нагрузок, особенно за последние месяцы значительно ниже предполагаемой и, таким образом, пришлось покрывать нагрузку почти без всякого резерва.

На 15-е декабря мощность станций вероятно составит 240 000 квт., что несколько ниже указанных в статье Б. А. Барсукова 244 000 квт. на 1 декабря (за счет вышедшей из строя одной из турбин Трамвайной станции); при предполагаемом максимуме нагрузки на 15 декабря в 220 000 квт.—объединение будет иметь резерв в 20 000 квт. или 9%.

Из этой таблицы видно, что фактические максимальные нагрузки очень близки к предполагаемым, с некоторой тенденцией в сторону уменьшения против предполагаемых.

в эксплуатацию три понизительные подстанции: Кожуховская, Карачаровская и Измайловская. На всех этих трех подстанциях закончены полностью, распределительные устройства 105 киловольт, причем на Измайловской и Карачаровской подстанциях эти распределительные устройства выполнены в виде установок на открытом воздухе, а на Кожуховской подстанции это распределительное устройство помещается в старом перестроенном здании. Кроме распределительных устройств 105 кв. на всех упомянутых подстанциях в значительной степени смонтированы или заканчиваются монтажом также распределительные устройства 33 и 6,6 кв. и щиты управления, причем на Измайловской подстанции в текущем году производятся все эти три работы. На Карачаровской подстанции монтируется только щит управления, так как постройка здания обща распределительных устройств вторичного напряжения намечена на будущий год и на Кожуховской подстанции заканчиваются монтажом распределительного устройства 6,6 кв. и щиты управления; распределительное устройство 33 кв. этой подстанции отсутствует по проекту.

4) Кроме первых 3 кольцевых подстанций на этом же Московском высоковольтном кольце в текущем сезоне закончены строительные работы по сооружению Сокольнической подстанции и построены и смонтированы временные подстанции в Бутырях и Филах. Последняя подстанция временно питается на напряжении 33 киловольт, так как линия кольца, как указывалось выше, построена пока только до подстанции в Бутырях.

5) Из крупных завершенных районных подстанций в текущем 1928 году произведены основные строительные работы на Истинской подстанции около Богородска, а также на подстанциях в городах Туле и Коломне. Для

удовлетворения требований электроснабжения Богородского района около упомянутой Истинской подстанции к началу торфяного сезона была построена, смонтирована и включена в работу временная подстанция, мощностью 18 000 квт. Кроме того приступлено к строительным работам на п-те в гор. Зарайске.

К монтажу всех этих подстанций будет приступлено по окончании строительных работ текущей зимой.

6) Помимо перечисленных выше работ по сети 105 кв. выполнены также большие строительные работы по расширению сети 33 киловольт, из них наиболее крупными являются:

а) постройка двойной линии на железных опорах от Сокольников до Подпоро, общин протяжением 18 км, и постройка также двойной линии на железных опорах от подстанции в Кунцево до подстанции в Филах, общин протяжением около 4 км.

б) постройка и монтаж подстанции в Подпороках для электрификации Северных ж. д. и постройка большой узловой подстанции в Щелково.

В общем все количество произведенных за год работ может быть охарактеризовано следующими техническими и финансовыми показателями:

а) Полная длина линий только на железных опорах, построенных за истекший год составляет около 80 км.

б) Общая мощность смонтированных и включенных трансформаторов достигнет 150 000 киловольтамп.

в) Общая сумма денежных затрат на производство в текущем сезоне работы достигает цифру 11,5 млн. руб., из них около 8 млн. рублей—расход в СССР и около 3,5 млн. руб. импортное оборудование.

Однако суммарная располагаемая мощность станций для покрытия этих нагрузок, особенно за последние месяцы значительно ниже предполагаемой и, таким образом, пришлось покрывать нагрузку почти без всякого резерва.

На 15-е декабря мощность станций вероятно составит 240 000 квт., что несколько ниже указанных в статье Б. А. Барсукова 244 000 квт. на 1 декабря (за счет вышедшей из строя одной из турбин Трамвайной станции); при предполагаемом максимуме нагрузки на 15 декабря в 220 000 квт.—объединение будет иметь резерв в 20 000 квт. или 9%.

Из этой таблицы видно, что фактические максимальные нагрузки очень близки к предполагаемым, с некоторой тенденцией в сторону уменьшения против предполагаемых.

В статье Б. А. Барсукова «Перспективы покрытия максимума 1928/29 г.» (см. № 4 Бюллетеня Инжколлективов МОГЭС) были указаны предположительные (см. данный в статье график) на период, начиная с августа и кончая декабрем максимальные нагрузки и возможные покрытия их.

В ниже приводимой таблице указаны, как эти предположения, так и фактические нагрузки и суммарная мощность станций.

Из этой таблицы видно, что фактические максимальные нагрузки очень близки к предполагаемым, с некоторой тенденцией в сторону уменьшения против предполагаемых.

В статье Б. А. Барсукова «Перспективы покрытия максимума 1928/29 г.» (см. № 4 Бюллетеня Инжколлективов МОГЭС) были указаны предположительные (см. данный в статье график) на период, начиная с августа и кончая декабрем максимальные нагрузки и возможные покрытия их.

В ниже приводимой таблице указаны, как эти предположения, так и фактические нагрузки и суммарная мощность станций.

Из этой таблицы видно, что фактические максимальные нагрузки очень близки к предполагаемым, с некоторой тенденцией в сторону уменьшения против предполагаемых.

В статье Б. А. Барсукова «Перспективы покрытия максимума 1928/29 г.» (см. № 4 Бюллетеня Инжколлективов МОГЭС) были указаны предположительные (см. данный в статье график) на период, начиная с августа и кончая декабрем максимальные нагрузки и возможные покрытия их.

В ниже приводимой таблице указаны, как эти предположения, так и фактические нагрузки и суммарная мощность станций.

Из этой таблицы видно, что фактические максимальные нагрузки очень близки к предполагаемым, с некоторой тенденцией в сторону уменьшения против предполагаемых.

В статье Б. А. Барсукова «Перспективы покрытия максимума 1928/29 г.» (см. № 4 Бюллетеня Инжколлективов МОГЭС) были указаны предположительные (см. данный в статье график) на период, начиная с августа и кончая декабрем максимальные нагрузки и возможные покрытия их.

В ниже приводимой таблице указаны, как эти предположения, так и фактические нагрузки и суммарная мощность станций.

Из этой таблицы видно, что фактические максимальные нагрузки очень близки к предполагаемым, с некоторой тенденцией в сторону уменьшения против предполагаемых.

В статье Б. А. Барсукова «Перспективы покрытия максимума 1928/29 г.» (см. № 4 Бюллетеня Инжколлективов МОГЭС) были указаны предположительные (см. данный в статье график) на период, начиная с августа и кончая декабрем максимальные нагрузки и возможные покрытия их.

В ниже приводимой таблице указаны, как эти предположения, так и фактические нагрузки и суммарная мощность станций.

Из этой таблицы видно, что фактические максимальные нагрузки очень близки к предполагаемым, с некоторой тенденцией в сторону уменьшения против предполагаемых.

Данные	Месяцы	Август 1928 г.		Сентябрь 1928 г.		Октябрь 1928 г.		Ноябрь 1928 г.		1-е декабря 1928 г.
		Начало	Середина	Начало	Середина	Начало	Середина	Начало	Середина	
По графику приведенному в статье Б. А. Барсукова.	Максимум нагрузки в тыс. квт.	115	140	155	173	185	200	205	212	216
	Суммарная мощность станций в тыс. квт.	136	138	174	179,5	234	234	234	234	244
	Резерв оборудования в % от максимума.	18,5	1,4	12,8	3,5	26,5	17,0	14,1	10,4	13,5
Фактические.	Максимум нагрузки в тыс. квт.	120	137	150	167	176	190	197	209	—
	Суммарная мощность станций в тыс. квт.	132	155	168	173	190,5	194	200	214	—
	Резерв оборудования в % от максимума.	10,0	18,1	12,0	3,8	7,7	2,1	1,5	2,4	—

Из книг и журналов.

Первая установка 220.000 вольт в Европе.

В 1929 году в Германии построена линия 220.000 вольт от Кельна до Мангейма. Линия—двойная (2 X 3 X 400С) на общих металлических опорах. Проводником служит полка медь сечением 400 кв. мм, со внешним диаметром 42 мм; высота ям 32—35 метров, размер наибольшей traversы (средней)—34 метра. Конструкция линии такова, что в дальнейшем без каких-либо переделок предполагается возможность перехода на 380.000 вольт. Стоимость 1 километра линии около 100.000 германских марок ¹⁾.

Линия построена тремя германскими фирмами: Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft AG, Siemens-Schuckert Werke AG и Felten & Guilleaume и в настоящее время работает под напряжением 110.000 вольт. К 1930 году линию намерено довести через Штутгарт и Нюрнберг до района Vögelberg (в австрийской Тироле), где сооружается высоковольтная гидроэлектрическая станция мощностью 300.000 киловатт ²⁾ и одновременно поставит под напряжение 220.000 вольт для транспорта в Германии первоначально 150.000.000, а в дальнейшем около 600.000.000 кв. часов в год с указанных гидроэлектрических станций. Общая длина линии составит около 600 километров.

Присоединение отдельных германских сетей 110.000 вольт к 220.000-вольтной магистрали предполагается осуществлять через трансформаторные подстанции 220.000/110.000 вольт. Фирма Siemens-Schuckert Werke заказала полную оборудование семи таких повышающих трансформаторных подстанций, в том числе 14 трехфазных трансформаторных подстанций, мощностью по 60.000 киловатт-тапер каждая; охлаждение трансформаторов искусственное, воздушным дутьем; вес трансформатора с маслом, но без охлаждающего устройства—180 тонн. Повздушному к этой же установке относятся три трехфазные трансформатора 110.000/220.000 вольт мощностью по 36.000 киловатт-тапер каждый, заказанные фирме Brown, Boveri & Cie ³⁾; охлаждение этих трансформаторов такое же как и указанных выше. Хотя трансформаторы предназначены для работы в системе с заземленной нейтралью, все же они по особому требованию изготавливаются с изолированной нулевой точкой, т. е. с изоляцией каждой фазы на 250.000 вольт по отношению к земле.

Н. П.

Гидравлическое удаление расплавленного шлака.

На станции Hüntley (ШПСА) с большим успехом осуществлен интересный опыт удаления шлака из плавильных топков: котлов в расплавленном виде, с дальнейшим его охлаждением, грануляцией и отводом на свалку в закрытой системе гидравлического золоудаления с разбрызгивающим водяным соплом. Пока установка станции Hüntley является единственной в своем роде, но блестящий успех ее работы обещает в будущем быстрое распространение этой системы золоудаления для котельных, сжигающих пылевидное топливо с легкотопливой золой.

При расширении станции Hüntley на ней были установлены 4 котла Бабкок и Вилькокс, поверхность нагрева в 1.160 кв. м колодезных пылеугольными топками. У трех из этих котлов топки имеют в плане форму квадрата со стороной 4,676 м, в нижней (колодезной) части и прямоугольную форму 4,676 X 7,650 м, в верхней части, кончающейся на 2,25 м, выше пола топки. Стены топков устроены по системе Бекли, т. е. на водоохлажденных трубах, вложенных в циркуляцию котла на них надеты чугунные колоды с огнеупорной футеровкой, образующие гладкие внутренние стены топков. Пол колодезной части, отстоящий на 9 метров от нижней котельных труб, установлен на стальных балках и состоит из стальной плиты, на которой положены 2 слоя огнеупорного кирпича, покрытых слоем

жженого доломита, толщиной в 150—200 мм. Эти топки работают с давлением 330 ккал/м² час для всей топки (что эквивалентно 2.100 ккал/м² час для части, лежащей ниже форсунок).

Форсунки установлены в каждой стене колодезной части топки на полутопки между осью топки и соседней правой стеной таким образом, чтобы вызвать завышение факела. Вследствие покрытия всей нижней части (включая под топки огнеупорной футеровкой, удалось температуру топки поднять до такой величины, при которой зола плавится и падает непосредственно или стекает по стенам в колодезь. На полу топки образуется лужа расплавленного шлака, который не затвердевает, ввиду высокой температуры сверху и отсутствия охлаждающих труб внизу.

Характеристика угля и шлака в этой установке следующие:

Уголь (сухой)	Шлак
C — 50,29%	SiO ₂ — 44,32%
Летуч. 34,69%	Al ₂ O ₃ — 18,64%
A — 12,00%	Fe ₂ O ₃ — 31,35%
S — 2,56%	TiO ₂ — 0,76%
Точка плавления	P ₂ O ₅ — 0,25%
зола — ок. 1000°C	CaO — 1,35%
	MgO — 1,10%
	SO ₃ — 1,8%
	Неопр. — 0,23%

При затвердевании шлак обладает низкой теплопроводностью, вследствие чего нижний его слой, благодаря охлаждению от проходящего под топкой вторичного воздуха, образует хорошую изоляцию для пола топки.

При высокой температуре, но ниже точки плавления, шлак плотный и вязкий, как расплавленное стекло. При охлаждении он становится черным твердым телом, иногда с медным отливом в изломе (фиг. 1б). Твердость его достаточна, чтобы резать сталь; уд. вес — ок. 3,2.

При сильном по шлаковому желобу, шлак затвердевал снаружи и течение продолжалось сквозь центр массы, образуя трубку (фиг. 1б).



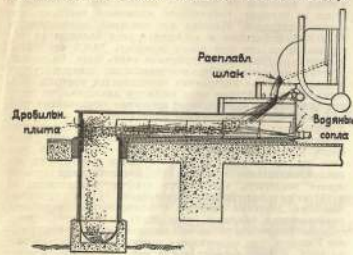
Фиг. 1.

а — тонко-гранулированный шлак, полученный в системе гидравлического золоудаления.
б — трубка осыпавшегося шлака, образующаяся вокруг текущего по желобу жидкого шлака.
в — кусок жидкого осыпавшегося шлака.

После многочисленных неудачных попыток удаления жидкого шлака в вагонетках, наклоненных водой, был испытан гидравлический способ золоудаления, состоявший в том, что под шлаковое отверстие был поставлен наклонный желоб из 300 мм шпательной стали, длиной в 2,4 м, под углом ок. 80°. Сверху желоб омылся струей из 8-х 1/4-дюймовых сопел. Шлак из этой системы вытекал в вагонетки. Однако, поразительных успехов, полученных при применении разбрызгивающих сопел, привели к выработке окончательной системы золоудаления, исключительного гидравлического, которая была принята для постоянной установки. Последняя установка, как в опытной, так и в окончательном виде, была запатентована и выдана фирмой Alton-Dehmel-Hoff (A-S-H), и состоит из следующих частей:

Для спуска шлака, пробавившей короткой лопаткой одно (фиг. 2). Под наклонным желобом, по которому расплавленный шлак стекает из топки, установлен 3 первичных водяных сопла, выбрасывающие параллельные струи воды, которые образуют, благодаря тесной установке сопел, сплошной водяной стол внутри чугунной дезинтеграционной камеры (фиг. 2). Расплавленный шлак, падая на этот водяной стол, разбивается. Затем шлак уносится поперек задняя котельной в U-образном желобе, под действием двух

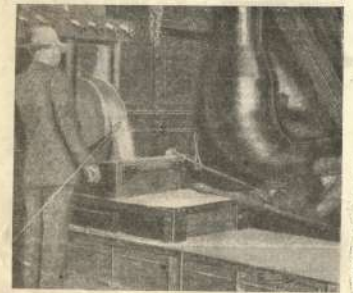
которые образуют, благодаря тесной установке сопел, сплошной водяной стол внутри чугунной дезинтеграционной камеры (фиг. 2). Расплавленный шлак, падая на этот водяной стол, разбивается. Затем шлак уносится поперек задняя котельной в U-образном желобе, под действием двух



Фиг. 2.

добавочных сопел, на расстоянии ок. 3 метров, охлаждаемых вторично от добавочной холодной воды. Этот поток ударяется об чугунную дробильную плиту и, повернувшись на 90°, сбрасывается вниз в продольный U-образный желоб, уносящий шлак из котельной, на расстояние 15 метров (фиг. 3). В этом желобе шлак подталкивается еще двумя установленными последовательно соплами. Удаляемый шлак в результате такой «обработки» получается тонко-гранулированным (фиг. 1а).

В постоянной установке, ввиду необходимости сплавлять шлак на участке, отстоящем на 300 метров от станции, шлак, выгружаемый из гидравлической системы, откачивается специальными насосами, производительностью по 307 м³/час. Наиболее подверженные износу части насосов и трубопроводов изготовлены из марганцевой стали. Нагнетательная труба имеет diam. 6". Давление в соплах в постоянной установке выбрано 10 атм., чтобы обеспечить высокую скорость течения шлака.



Фиг. 3.

Так как металлические части сильно истираются от действия шлака, а в каналах гидравлического золоудаления на всех поворотах установлены стальные чугунные плиты. Также же плиты поставлены в бетонном приемнике колоде, чтобы воспринимать удары шлакового потока

Для выпуска шлака из 4 котлов требуется работа 2 часов в продолжение 3 часов сменно.

Описанная выше установка дает удачное разрешение проблемы снятия пыли многозольных топок с легкотопливой золой.

(Power, № 18, 1928 г., стр. 704).

М. На—ад.

Расширение электрической станции Gölpa-Zschopau.

Электрическая станция Gölpa-Zschopau (Германия, буроголовый район, около 120 километров от Берлина) построена в 1915 году на общую мощность 125.000 киловатт. На станции были установлены восемь турбогенераторов мощностью по 16.000 киловатт каждый и 64 котла поверхности нагрева по 500—550 кв. метров каждый. По окончании европейской войны станция расширена установкой нескольких турбогенераторов, в том числе турбогенератора Bosch-Boveri & Cie длительной мощностью 37.500 киловатт.

В настоящее время производится дальнейшее расширение станции установкой двух турбогенераторов по 50.000 киловатт каждый и шестнадцати мощных котлов, равных по паропроизводительности 80 котлам типа 1915 г. Для размещения такого числа котлов типа 1915 года потребовалась бы котельная площадью 280 X 80 метров. Установленные 16 мощных котлов размещаются в котельной площадью 108 X 55 метров. Давление пара оставлено без изменения; новые котлы, как и старые, будут работать под давлением 18 атмосфер.

Турбогенератор 50.000 киловатт (заказанный фирмой Brown Boveri & Cie) — однофазный и является самым большим в Европе. Основные данные турбогенератора следующие ¹⁾:

1. Однофазный агрегат; 1.500 оборотов в минуту.
2. Паровая турбина — трехцилиндровая, реактивного типа.
3. Пар у вентилей: 14,5 атмосфер — 300°C.
4. Мощность агрегата:
 - а) экономически наименьшая — 75.000 квт.
 - б) при нормальной температуре (20°C) охлаждающей воды — 85.000 квт.
 - в) при повышенной температуре (55°C) охлаждающей воды — 80.000 квт.
5. Отбор пара в двух местах; конденсат подогревается до 110°C.
6. Два конденсатора типа Brown-Boveri & Cie и два циркуляционных насоса с приводом от паровых турбин.
7. Генератор трехфазного тока 100.000 киловатт-ампер, 13.000 вольт имеет главный и вспомогательный воздушители.
8. Общая длина турбогенератора 30 метров, ширина 5 метров.

Н. П.

Эксплуатационный опыт с паром высокого давления и высокой температуры.

(Докад Г. А. Оттока на Чикагской конференции 1928 г.)

Пять лет тому назад, когда еще опыт с паром высокого давления был незначительным, в статье «Работа центр. ст. с паром высокого давления и высоким перепадом с точки зрения экономичности» мною было рассмотрено влияние повышения температуры и давления на котла, трубопроводы, клапаны и турбины — вопрос, обсуждавшийся и до этого многими заинтересованными в проектировании и эксплуатации центральных станций. Я пришел к заключению, что работа с давлением от 84 кг/см² до 106 кг/см² выгодно и осуществляется без особого труда; работа же с температурой, превышающей 400° C., при оборудовании из обычного материала может представлять затруднения. С тех пор было установлено много сильных стальных высокого давления, так что в настоящее время мы располагаем достаточным опытом.

Я стараюсь собрать сведения обо всех установках высокого давления, находящихся в настоящее время в эксплуатации или в постройке. При этом богатстве и разнообразии материала (некоторые данные относятся к экс-

¹⁾ Н. Т. Z. 1928, Heft 40, S. 1.495 — Baugewirtschaft.
²⁾ Н. А. M. — 1928, Heft 87, S. 914. Die grösste Turbogruppe in Europa.

посадочным периодом до 20.000 часов) было бы полезно выяснить, насколько действительно оправдала моч выводов в статье от 1922 г. С этой целью в рассмотренных отчетах комитета по первичным двигателям, протоколах заседаний международного союза по выработке и распределению электрической энергии и множеству статей членов американских технических обществ, к перечисленному материалу присоединялись еще письма отставных работников с установкой высокого давления. Все отчеты достоверно подтверждают, что затруднений при работе с высоким давлением не больше, чем при работе с обычными давлениями в 14 кг/см², которые так долго считались стандартными. Повидимому, никаких особых затруднений в работе с паром высокого давления и обычными типами оборудования, сделанного только соответственно более массивным, не встречается. Затруднения встречаются только в работе экономизаторов, питательных насосов и водомерных стеков, но не котлов. Таким образом, можно считать доказанным, что на множестве установок высокого давления не было констатируемо почти никаких неожиданных явлений; многие отчеты отмечают при этом увеличение устойчивости работы.

Результаты оправдывают применение высокого давления.

Все работники эксплуатации без исключения признают, что применение пара высокого давления оправдывается результатами, как в тепловом, так и в экономическом отношении; многие станции расширяются даже в частях высокого давления. Такие расширения производятся станциями, исключающими основную нагрузку, и станциями, работающими с отбором пара или с противодавлением при использовании отработавшего пара для производственных целей, где турбина играет роль редукционного клапана.

Повидимому при этих условиях дополнительное увеличение стоимости оборудования вследствие применения высокого давления было не очень велико. Стоимость топлива на различных станциях колеблется от 2,5 доллар (4 р. 80 к.) до 8 долларов (15 р. 50 к.) за тонну, но видимо эта разница не имеет большого влияния на экономическую сторону данного вопроса, так как все станции, независимо от стоимости топлива, констатируют повышение рентабельности.

Интересно отметить моменты, которые, как предполагалось, при высоком давлении должны были доставить ряд затруднений: к таковым относятся работа предохранительных клапанов, плотность разрывных трубок в барабанах, работа первичных и вторичных перегревателей и положение воды в барабанах при изменении нагрузки. Опыт показал, что существующие предохранительные клапаны оказались так же надежны, как и установленные на более низком давлении, так что последние были убраны.

Непредвиденные затруднения.

Часто отмечались нежелательные явления с прокладками у люков, устранявшиеся довольно быстро. Почти на всех станциях были зафиксированы затруднения с питательными насосами, которые хотя и были исправлены, но с меньшей легкостью; некоторые, теперь преодоленные, затруднения встретились с регуляторами питания; затруднения с водомерными стеклами также отмечены почти всеми станциями; они прекратились, когда стали применять более массивную и тщательней рассчитанную аппаратуру. Некоторые затруднения доставила неплотность турбин, как это делалось и раньше, когда стандартным было давление 14 кг/см². Очень многие отчеты указывают на то, что наблюдалось захватывание паром мелких твердых частиц и унос их в турбину, вследствие чего происходило отложение их в соплах и суживание сопел. Каким образом переносятся эти частицы еще не выяснено, но известно, что, когда жесткость котельной воды являющимся образом снижена, указанное явление не имеет места.

Отсутствие затруднений с турбинами.

Осложнения с турбинами были обычного характера: в турбинах европейской конструкции главным недостатком

была вибрация, однако, менее сильная и разрушительная, чем в более крупных установках. Были отмечены затруднения с уплотненными турбинами, которые были устранены путем небольшого изменения в конструкции; никаких особых осложнений, вызванных применением высокого давления, замечено не было, за исключением деформации сопла на станции Bellevillera, вызванной необычно высоким перегревом. Машин для давлений, превышающих 42 кг/см², небольшие и прочные, самая большая из построенных до сих пор имеет мощность 10.000 кет. Возможность осложнений с турбинами очень мала. Во многих отчетах отмечается небольшое окисление сопел турбин и сопел, а также внутренних поверхностей корпуса, подвергающихся действию пара высокого давления. Это явление повидимому однородно с явлением образования тонкого красновато-коричневого слоя окиси на внутренних поверхностях трубопроводов перегретого пара высокого давления. Отложения лежат небольшим твердым слоем, очень крепко приставшим к стенкам. Повидимому этот слой не утолщается с течением времени и действует, как предохранительная оболочка. Из рассмотренных отчетов можно заключить, что работа турбин с давлением 84 и 140 кг/см² затруднений не встречает. Одна установка высокого давления работает с температурой перегрева, превышающей обычную температуру в 375—400°C. Это — станция Laidrethage из объединения Societe Industrielle de la Flade, где номинальная температура перегрева равна 450°C. К тому времени, когда мне пришлось пронаблюдать один из перегревателей на этой станции, она работала с названной температурой уже два года, теперь же этот срок достиг до 4-х лет. Несколько других станций указывают, что они периодически допускались, периодически в несколько часов, температуры от 425 до 530°C без нежелательных последствий. Во многих отчетах указывается на производящуюся замену нескольких замесков перегревателей; однако эта замена не была вызвана непосредственно применением высокого давления и темпе- ратур, она бывает необходима в установках высокого давления не чаще, чем в установках с давлением 14—35 кг/см².

Каленные барабаны не применялись для работы с давлением выше 45 кг/см² ни на одной станции, за исключением станции Laidrethage, где были отмечены некоторые неприятности с пропуском швов. Эти барабаны будут заменены сварными или коваными. Все остальные установки высокого давления применяют или кованые, или сварные барабаны, или же совсем не имеют барабана. Также котлы, как котел Benson или Atlas требуют только коллекторов, в котлах же Hestonapa и Leobler барабан помещается адал от пламени и нагревается изнутри через перегретый пар.

Заключение.

1. Повидимому с эксплуатацией установок, применяющих давление до 240 кг/см², никаких особых затруднений не связано.

2. Четыре года опыта по работе с перегревателями на обыкновенной стали при температуре пара до 450°C показали, что подобная работа вполне возможна и удобна, так как никаких серьезных затруднений она не вызывала.

3. Турбины, корпус и другие части из сталей легированных, могут удовлетворять значительно большим требованиям, чем те, которые до сих пор к ним предъявлялись. Котло-строительные фирмы утверждают, что они могут гарантировать службу названных частей при температуре до 480°C.

4. Станции указывают в своих отчетах, что применение высокого давления дает экономии как в тепловом, так и в экономическом отношении; это подтверждается увеличением числа заказов на соответствующее оборудование.

5. Числовых данных о стоимости работы с высоким давлением нами не было получено; мы не можем также указать наиболее экономичное давление и температуру для отдельных случаев.

Сокращ. перевод Т. С.

(Power 1926 v 67 № 8.)

Ответственный редактор **М. А. Смирнов**.
Редакторы: **Я. П. Ветчинкин**,
П. Г. Грудинский.

Издатель: **Инижколлеktiv МОГЭС**.

Мосгублит № 29852.

4-я тип. «Мосполиграф», Армянская пер. д. 6-4а, № 20.

Тираж 1.000 экз.

БЮЛЛЕТЕНЬ ВЫХОДИТ РАЗ В 2 МЕСЯЦА.

Ц Е Н А: А) ОТДЕЛЬНОГО НОМЕРА 1 Р. 50 К.

Б) ПРИ ПОКУПКЕ ИЛИ ВЫПИСКЕ НЕ МЕНЕЕ 5 ЭКЗЕМПЛЯРОВ НЕПОСРЕДСТВЕННО СО СКЛАДА ИЗДАТЕЛЬСТВА СКИДКА 20%, ПЕРЕСЫЛКА ЗА СЧЕТ ЗАКАЗЧИКА.

В) ПРИ ВЫПИСКЕ НЕ МЕНЕЕ 10 ЭКЗЕМПЛЯРОВ НЕПОСРЕДСТВЕННО СО СКЛАДА ИЗДАТЕЛЬСТВА СКИДКА 20%, ПЕРЕСЫЛКА ЗА СЧЕТ ИЗДАТЕЛЬСТВА.

СКЛАД ИЗДАТЕЛЬСТВА:

МОСКВА, Раушская набережная, д. № 8, здание Правления МОГЭС, 4-й этаж, комн. 22.
Телефон 2-62-50, добавочный 75.

СТАТЬИ, ЗАМЕТКИ И ПРОЧИЙ МАТЕРИАЛ ДОЛЖНЫ ПРЕДСТАВЛЯТЬСЯ В РЕДАКЦИЮ В ДВУХ ЭКЗЕМПЛЯРАХ, НАПЕЧАТАННЫХ НА ПИШУЩЕЙ МАШИНКЕ С ОДНОЙ СТОРОНЫ ЛИСТА.

ГРАФИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ (РИСУНКИ, ЧЕРТЕЖИ И ПРОЧ.) ДОЛЖЕН БЫТЬ ИСПОЛНЕН СОВЕРШЕННО ОТЧЕТЛИВО ЧЕРНОЙ ТУШЬЮ НА БЕЛОЙ БУМАГЕ ИЛИ КАЛКЕ. ДОПУСКАЕТСЯ ПРИСЫЛКА ФОТОГРАФИИ, СВЕТОКОПИИ НЕ ДОПУСКАЮТСЯ.

ВСЕ МАТЕРИАЛ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К СТАТЬЕ ИЛИ ЗАМЕТКЕ, ДОЛЖЕН ПОСТУПАТЬ В РЕДАКЦИЮ ОДНОВРЕМЕННО С ТЕКСТОМ.

