

# Отдел III

## Экономика и техника

---

С. Кукель-Краевский

### Мировой инженерный конгресс и мировая энергетическая конференция 1929 г.<sup>1</sup>

#### 1. Элементы планирования электрификации и попытки создания единого энергетического хозяйства

В докладе автора настоящей работы, сделанном на энергетической конференции, была выдвинута принятая у нас в СССР концепция единого энергетического хозяйства и, базируясь на данных, проработанных в книге «Проблемы энергетики», показано, какое коренное улучшение энергобаланса страны дает осуществление этой идеи в условиях социалистического строительства в СССР по пятилетнему плану. Надо, однако, заметить, что идея единого энергетического хозяйства нашла свое отражение и в докладах других стран, причем в них приводятся некоторые примеры частичного осуществления в капиталистических условиях планирования развития электроснабжения. Ярче всего эта попытка проявляется в Англии, где правительство осуществляет так называемую «решетку», т. е. сеть высоковольтных электропередач и подстанций, на которую будут работать лучшие из существующих станций, отобранные из большого числа характерных для английских условий мелких станций. Эти «избранные» станции подлежат расширению и к ним добавляются единичные новые станции, которые будут строиться или уже строятся при некотором содействии правительственной комиссии. Планы осуществления «решетки» очень тщательно разработаны с технической стороны, с полным проведением идей стандартизации оборудования и со стороны экономической, с выявлением эффективности капитальных затрат на осуществление плана. В каждом районе «решетка» дает возможность снизить суммарное капиталовложение в электроснабжение для покрытия намеченной потребности в энергии и снизить стоимость *квтч*, которая в Англии, вследствие раздробленности и отсталости электроснабжающей промышленности, сравнительно велика, несмотря на дешевый уголь. Для разра-

<sup>1</sup> Мировой инженерный конгресс и сессия мировой энергетической конференции происходила с 29 октября по 7 ноября 1929 г. в Токио. Печатаемый материал является конспективным обзором содержания докладов по энергетике и на конгрессе и на конференции. Использованы 131 доклад энергетической конференции и 126 докладов инженерного конгресса, касающихся энергетики, из числа 792 докладов инженерного конгресса и 137 докладов конференции. На энергетической секции конгресса зачитаны 87 докладов; остальные доклады, относящиеся к энергетике, зачитывались на других секциях. Доклады, представленные на инженерный конгресс, будут обозначаться «И». Доклады, представленные на энергетической конференции, — «Э». Цифра после буквы обозначает № доклада, под которым он числится в общих списках.

ботки плана в свое время была составлена наметка роста потребления электроэнергии с 1928 по 1940 гг.

О ходе работ по осуществлению «решетки» сообщает докладчик И. М. Кеннеди «О регулировании электроснабжения в Великобритании» (И. 266).

Автор сообщает интересные сведения о неудаче первой попытки рационализировать систему электроснабжения Англии по закону 1919 г., учредившему комиссию электрических уполномоченных (у нас их неправильно зовут «электрическими комиссарами»), которые до 1926 г. могли только содействовать слиянию мелких электроснабжающих обществ и объединению работы отдельных станций по общему плану. Как сообщает Кеннеди, даже в случаях, когда уполномоченным удавалось убедить владельцев мелких станций, в том числе муниципалитетов, построить линию, объединяющую их работу, такая линия на практике использовалась нерационально. Владельцы каждой станции зорко следили за тем, чтобы компаньон не получил от линии больше выгод, чем он сам. Поэтому обычно работа линий регулировалась так, что в течение года по ней передавалось в обе стороны одинаковое количество *квтч*.

Инженеры отдельных станций, как говорит автор доклада, конечно, понимали рациональность распределения нагрузки между соединенными станциями так, чтобы та, которая имеет лучшее оборудование, несла основную нагрузку и выработала больше *квтч* за год, чем та, которая несет пиковую нагрузку. Однако хозяева станций, ничего в энергетике не понимавшие, сейчас же уменьшали жалование инженерам, заведывающим теми из станций, которые, как пиковые, выработали меньше *квтч*, и поэтому технический персонал тоже противодействовал рациональной организации совместной работы нескольких станций на общую сеть. Чтобы устранить эти препятствия, электрический закон 1926 г. предусматривает постройку заботами вновь организуемого Электротехнического управления «решетки», долженствующей объединить все электроснабжение страны, хотя выполнение ее начинается в шести отдельных районах, которые соединятся между собой только в будущем. По проекту, на котором базировался закон 1926 г., все расходы на постройку «решетки» с подстанциями с большим превышением покрываются экономией на резерве. Ко времени составления проекта резерв мощности составлял в среднем 70%, тогда как при осуществлении системы резерв будет только около 15%. При этом предусматривается обязательное двустороннее питание каждого потребителя. В английских условиях линии электропередач обычно не являются длинными питательными линиями, а играют роль только объединяющих (интерконнекционных). В результате сеть — «решетка» — будет распределять только 20% выработанной энергии, тогда как остальная будет непосредственно поступать в более низковольтную распределительную сеть, питаемую прямо от шин станций. Закон 1926 г. предусматривает фактическую государственную монополию оптовой продажи электроэнергии в стране. Государство будет покупать оптом всю выработанную «избранными» станциями энергию по себестоимости, рассчитанной на основании определенных правил с накидкой от 5 до 6,5% в пользу частного собственника станции. Эту энергию государство продает всем электроснабжающим обществам, занимающимся распределением последней. Энергия оптом продается государством с накидкой около 0,5%, покрывающей содержание аппарата, ремонт, амортизацию и погашение вложенного капитала. Предприятия, владеющие

станциями, не попавшими в список «избранных», прекращают производство энергии и превращаются в предприятия, только распределяющие энергию, которую они будут покупать оптом от государственной электроснабжающей системы по более дешевой цене, чем могли бы сами производить.

От английской системы, осуществляемой по закону 1926 г., один шаг до полной национализации электроснабжающей промышленности. Интересно отметить, что осуществление этой системы уже влечет за собою более прогрессивное развитие энергохозяйства. Так, например, тот же доклад Кеннеди сообщает, что в Нью-Кэстле группа обществ объединилась в общую сеть, куда вошли три главные электростанции суммарной мощностью в 282 тыс. *квт* и несколько маленьких теплоэлектроцентралей и других станций частного пользования, соединенных с общей сетью. И в других английских докладах имеются намеки на случаи участия в общей сети со станциями общего пользования фабрично-заводских станций металлургических заводов, сжигающих газы, и других станций частного пользования. Какой сдвиг по сравнению с положением до 1926 г., описанным Кеннеди, когда два соседних владельца соединенных между собой станций не могли сговориться о совместной работе!

Английская система государственного регулирования электроснабжения только еще строится и трудно сказать заранее, пойдет ли дело после осуществления «решетки» так гладко, как думают авторы проекта, и не встретится ли опять каких-нибудь неожиданных препятствий, как после первой попытки рационализировать электроснабжение, но во всяком случае можно отметить, что самый факт составления проекта единой системы электроснабжения Англии, доказавшего, насколько при его осуществлении можно понизить себестоимость энергии, привел в единичных случаях к осуществлению хотя бы в небольшом масштабе системы единого энергетического хозяйства.

Предпосылки к установлению государственной монополии электроснабжения, которые создаются в Англии постройкой «решетки», уже имеются налицо в Японии, как видно по ряду докладов, представленных на конференцию и конгресс японцами, описывавшими существующую систему и ближайшие перспективы электроснабжения страны. Один из этих докладов, а именно Р у и ш и К о я м а (Э. 86) «Управление электрическими предприятиями и монополия на электроэнергию в Японии», прямо доказывает необходимость огосударствления всех главных трансмиссионных линий электропередач в стране. Правда, японский генеральный докладчик соответствующей подсекции отметил, что Кояма отражает только «свою собственную точку зрения», однако этот вопрос, как известно, является одним из злободневных в политической жизни Японии.

Япония, в которой более 90% населения пользуется электрическим освещением (установлено в среднем по одной лампе накаливания на каждые 2 жителя), имеет в своей центральной части, охватывающей 6 крупнейших промышленных городов, широко развитую систему линий электропередач на 154 тыс. *в*. В этом районе действуют 5 крупных электроснабжающих обществ, поглотивших постепенно целый ряд мелких и имеющих в сумме в настоящее время  $\frac{2}{3}$  мощности электростанций всей Японии, как видно из доклада С. Ф у к у н а к о (Э. 61) «Совместная эксплуатация гидравлических и паровых электрических станций с экономической точки зрения». Автор показывает, как сети этих 5 обществ соединены между собою и как между ними происходит обмен энергии, причем между обществами имеется соглашение о вза-

имной поддержке резервами. Таким образом фактически осуществлена единая система электроснабжения наиболее энергоемкой части Японии.

В докладе С. Мори (Э. 57) «Японские гидроресурсы и их эксплуатация» приводятся составленные электрическими обществами предположения о росте потребной мощности на время с 1928 по 1938 г. и предположение о способах покрытия этой потребности. Этот десятилетний план предусматривает использование всех до сих пор закрепленных за отдельными обществами мест, удобных для развития крупных гидростанций и, сверх того, пока еще не вполне обследованных возможных гидроустановок на полмиллиона *квт*. Авторы плана рассчитали потребную паровую мощность и определили необходимое капиталовложение, составляющее в данном случае около 2 млрд. рублей золотом.

В другом докладе Т. Самукава (Э. 70) «Интерконнекция (объединение) электрических высоковольтных сетей на о. Шикоку», сообщается об аналогичной работе по совместному планированию электрификации несколькими обществами, хотя и в значительно меньшем масштабе (суммарная мощность установок около 70 тыс. *квт*, тогда как в первом случае свыше 2 млн. *квт*). Самостоятельные общества, занимавшиеся электроснабжением сравнительного небольшого о. Шикоку, в начале 1928 г. организовали конференцию из представителей всех обществ, которая разработала пятилетний план развития электроснабжения на острове и выявила способы удовлетворения намеченного за это время роста с минимальными затратами капитала. Эта работа доказала всю выгодность объединения сетей всех обществ, работавших до сего времени отдельно, и совместной постройки парового резерва, необходимого для наилучшего использования их гидростанций. Конференция определила, какая часть средств, необходимых для выполнения плана, должна быть покрыта отдельными участниками. В результате этой конференции было заключение соглашения, по которому впредь каждое общество брало на себя обязательство все свои проекты расширения обсуждать совместно с другими участниками конференции.

Как видно по целому ряду докладов, представленных японцами, из которых отметим наиболее полный Ж. Масуда (Э. 53) «Законодательство о контроле за концессиями на водные ресурсы» и К. Готто (Э. 6) «Законы и организация для надзора за тарификацией снабжения газом и электричеством Японии», в этой стране осуществляются очень далеко идущие регулирование и надзор со стороны электробюро при министерстве Связи. Основным источником энергии в Японии являются водные силы, при чем все гидроресурсы считаются государственной собственностью. Право использования этих ресурсов дается электроснабжающим обществам под условием подчинения контролю электробюро, которое не только утверждает проекты до выдачи разрешений на начало постройки, но и производит всесторонние испытания механизмов построенной установки перед тем, как выдать разрешение на эксплуатацию. При этом правительственная комиссия критикует проект и выполненную установку не только с точки зрения удовлетворения правилам безопасности, но и с точки зрения достаточного обеспечения непрерывности электроснабжения городов. Жесткие требования в этом последнем отношении явились первоначальным стимулом к объединению линий отдельных обществ для взаимной страховки. Таким образом в Японии вмешательство государства в электроснабжение сыграло прогрессивную роль.

В Англии и Японии мы видим примеры регулярного ведения работы по планированию электрификации в капиталистических условиях, которые, кстати сказать, и здесь и там неминуемо приводят в конечном счете в огосударствлению энергоснабжения. Некоторые детали работы по планированию, в особенности в Англии, полезно изучить и нам, несмотря на то, что мы в области планирования делаем, конечно, несравнимо больше. Но, рассматривая эти планы, составленные в капиталистических условиях, мы ясно видим большую разницу по существу с нашим планированием: в то время как наш план базируется на определенной волевой установке, на определенном общем задании, которое должно быть достигнуто к концу охватываемого планом периода, в капиталистических условиях план базируется на более или менее удачном «предсказании» дальнейшего развития потребности соответствующего рынка. В частности десятилетний план, приведенный в вышеупомянутом докладе Мори, предусматривает постепенное понижение процента ежегодного прироста с 12 до 8, т. е. в полтора раза, несмотря на то, что душевое потребление электроэнергии в Японии, при почти полном охвате населения электрическими сетями, сравнительно невелико (172 *квтч*) и повысится по плану за 10 лет только до 300 *квтч*. Но даже этот план, который по сравнению с нашими темпами очень мал, замедляется выполнением наступившим в Японии кризисом сбыта электроэнергии. В этой стране говорят и пишут, что темп электростроительства обогнал темп роста потребной мощности.

В других странах, кроме Англии и Японии, тоже признаются выгоды создания единого энергетического хозяйства. Это видно, например, из доклада профессора Томпсен (Э. 31) «Современные датские установки, производящие электроэнергию, как побочный продукт», из швейцарского доклада И. Гастпар (Э. 68) «Баланс генерирования и спроса электроэнергии», из доклада Сторка (Э. 28) «Экономическое развитие паровых турбин в Нидерландах», где описываются обычные в Голландии случаи работы противодавленческих турбогенераторов фабрично-заводских станций на сеть общего пользования, куда они отдают избыток энергии, и в особенности из доклада известного пионера применения пара высокого давления в САСШ Оррок (Э. 124) «Высокое давление и высокая температура для производства энергии». Сообщая в своем докладе статистические данные о громадных достижениях в области снижения удельных расходов топлива на электростанциях, приводящих к тому, что, несмотря на 10%-ный годовой прирост производства электроэнергии в САСШ, суммарное потребление топлива электростанцией из года в год падает, и, отмечая аналогичное явление в европейских странах и в частности в Бельгии, где по его словам создается единое энергетическое хозяйство всей страны, он приписывает этот успех не столько достижениям отдельных станций, благодаря применению более крупных единиц и высокого давления пара, а результатам объединения разрозненных энергетических хозяйств в одну стройную систему. Он говорит о том, что величина экономии при создании единого энергетического хозяйства значительно превышает ту, которую можно получить, улучшая термический баланс оборудования отдельных конденсационных электрических станций.

## 2. Типы и параметры паровых электрических станций

Нормальным типом паровой электростанции ближайшего будущего, по видимому, явится станция, представляющая один комбинат с заводом по обогащению топлива, в частности полукоксования.

Об этом говорится, между прочим, во многих докладах. В большом масштабе эта задача разрешается в Бельгии на строящейся в Лангбрюгге большой станции на 200 тыс. кот, на которой будут применены котлы сверхвысокого давления Лефлера и Бенсона и которая строится совместно с несколькими заводами для использования ее энергии. К сожалению доклад об этой станции проф. Стилльс (И. 752) не был напечатан и опубликовано только оглавление этого доклада. Большой интерес представляет доклад, присланный от имени Британского национального комитета мировой энергетической конференции: Смит и Вик (Э. 21) «Дистилляция при низкой температуре и ее отношение к производству энергии». В нем описывается находящаяся в нормальной эксплуатации с 1927 г. электростанция в Нью-Кэстле, у которой уголь из бункеров поступает в реторты для полукоксования при температуре от 500 до 600 градусов, находящиеся в одном помещении с котлами. Полукокк из реторты переходит в мельницу, подвергаясь по дороге гашению водой, под котлами сжигается совместно с газом пыль, полученная от размола полукокса, а жидкие погоны угля из реторты идут на маленький химический завод для обработки. В настоящее время имеются 2 реторты с суточной производительностью около 30 т полукокса и одна реторта производительностью в 60 т. Авторы указывают, что эксплуатация этой установки дала экономию в 16,5% от стоимости подлежащего сжиганию для той же работы электростанции угля, если бы он не облагораживался. То обстоятельство, что названный доклад представлен Британским национальным комитетом, подчеркивает значение, которое придают в Англии этому опыту.

Тому же вопросу придают большое значение в Японии. Камо и Такеда (Э. 17) в докладе «Экономические возможности карбонизации корейского бурого угля при низкой температуре» описывают опыты, произведенные в большом масштабе над корейским бурым углем, который по своим качествам не выдерживает перевозки. При полукоксовании получается хорошее жидкое топливо для двигателей внутреннего сгорания и хороший полукокк. Производились параллельные опыты сжигания в пылевидном состоянии под одним и тем же котлом, снабженным экранной топкой, бурого угля в натуральном виде и полукокса, полученного из него. Вывод и из этих опытов тот, что экономически очень выгодно комбинировать электростанцию с заводом для полукоксования бурого угля.

На инженерный конгресс представлен доклад В. Эммета (И. 705) «О результатах испытания парортутной установки» системы автора на 10 тыс. кот на станции Мидоус в Хартфорде (САСШ). Расход угля составил 0,33 кг на 1 кВтч (2.300 калорий). Автор ожидает, что с осуществлением повышения давления ртутной турбины до 7 атмосфер можно будет еще улучшить эти результаты. О тех же результатах сообщает доклад Ф. Кларк (Э. 60) «Термическая электростанция», который высказывает предположение, что парортутная установка была бы целесообразно использована совместно с обычной паровой станцией, причем ртутная установка должна покрывать быстрые и резкие пики нагрузки, так как она при таких условиях сохраняет высокий коэффициент полезного действия. В отношении первоначальных расходов, по утверждению автора, ртутная установка будет иметь вполне благоприятные показатели по сравнению с обычной паровой.

Целый ряд докладов представителей различных стран был посвящен вопросу о выборе наиболее выгодного давления и температур пара на электрических станциях, в частности и главным образом на крупных конденсационных станциях.

В отношении выбора температуры пара все докладчики единогласно считают, что в этом отношении надо идти до того предела, который в данный момент допускает качество материала, так как повышение температуры во всех случаях несомненно экономически выгодно. В докладе инж. Виборг (И. 714)—Швеция, Ф. Розенкранц (Э. 11)—Англия, В. Пауэр (Э. 114) и Х. Майэр (Э. 110)—Германия сообщается об исследованиях, которые ведутся в этих странах в целях нахождения материалов для энергооборудования, допускающих высокую степень перегрева пара. Розенкранц утверждает, что стоимость тех частей установки, на которые влияет повышение давления пара, составляет от 17 до 20% полной стоимости котельной, тогда как стоимость частей, на которую влияет повышение температуры перегрева пара, составляет только от 5 до 7% полной стоимости котельной. Майэр и Пауэр указывают в своих докладах, что в Германии температурная граница составляет около 475° Ц. Розенкранц называет ту же цифру для Америки, но он указывает на строящуюся установку в 10 тыс. кот общества Детройт Эдиссон Компани, где допущена температура пара 540° Ц, при давлении пара в 28 атмосфер. Доктор Майэр отмечает, что в Германии имеется тенденция к увеличению давления пара и температуры без вторичного перегрева пара, доходя в настоящее время до 40 атмосфер. По этому вопросу Розенкранц приводит следующие цифры: если при начальной температуре пара 427° Ц допускать процент влажности пара в турбине 12, то можно без вторичного перегрева допускать давление до 58,3 атмосферы. Если же допускать только 9% влажности пара в турбине, то предельное давление понижается до 21 атмосферы.

В отношении наиболее выгодного давления пара имеется большое разногласие между докладчиками различных стран. Американские докладчики, уже отмеченные нами выше, Оррок и Кларк, а также Райс, в докладе (Э. 82) «Современное экономическое развитие электроснабжения» считают давление порядка 100 атмосфер стандартным для крупных конденсационных электростанций. Английский доклад Донкин и Монтейн (И. 240) «Некоторые ограничения в проектировании котельных установок современных электростанций» говорит о «теоретических пределах», которые можно достигнуть при использовании лучших современных материалов с целью получения наибольшего термического коэффициента полезного действия. Этим пределом авторы считают 88 атмосфер и 480° Ц. Предполагается двукратный повторный перегрев и 8 или 9 отъемов для подогрева питательной воды. Кроме того, предполагается применение крупных турбин и воздухоподогревателя. По мнению авторов экономический предел, при котором достигнута экономия топлива балансируется с добавочными капитальными затратами на повышение давления, лежит в английских условиях ниже теоретического. Они считают, что надо избегать вторичного перегрева, ограничиваться тремя или четырьмя отъемами и давлением пара около 40 атмосфер. Однако авторы отмечают, что экономическое давление пара имеет тенденцию к постепенному повышению.

Авторы отмечают необходимость использовать всякие возможности снабжения лежащих вблизи станции промышленных предприятий паром низкого давления, отработавшим в турбогенераторах, и экономическую целесообразность присоединять к существующей установке сравнительно низкого давления пара новую котельную высокого давления и предвключенную турбину, отдающую отработанный пар в прежний паропровод сравнительно низкого давления.

На конгрессе было прочитано сообщение японского инженера М. Секи, содержащее формулу, определяющую экономически наиболее выгодное давление пара на станции, работающей параллельно с гидравлическими установками и имеющей сравнительно низкий коэффициент использования. При начислении 12% на капитальные затраты из формулы Секи вытекает, что при 10%-ном коэффициенте использования наиболее выгодное давление 27,5, при 25%-ном — 25,5 атмосфер. При 15%-ной квоте расходов по капиталу это давление понижается до 26½ атмосфер при коэффициенте использования 10% и до 33 при 25%. Расчет сделан для угля 6.600 калорий на кг ценой 12 иен за т.

В вышеотмеченном докладе Майер приводит нижеследующую таблицу, доказывающую, что с'ем пара с кв. м нагревательной поверхности быстро растет с повышением давления. Эта таблица содержит сводку статистических данных о котлах высокого давления, установленных в Германии с 1922 года.

Давление пара, атм.	Поверхность нагрева в м <sup>2</sup>		Средний с'ем пара в кг/м <sup>2</sup> в час
	ф.-з. установки	ст. общего польз.	
30—34	39.492	8.450	41
35—39	94.835	65.575	49
40—49	26.160	10.600	55
50—120	3.215	1.475	76

Автор считает, что после 40 атмосфер неизбежен вторичный перегрев пара, а последний экономически оправдывается только при давлениях свыше 100 атмосфер.

Американские авторы единогласно высказываются в пользу применения на крупных конденсационных станциях давления в 100 атмосфер. Вышеупомянутый доклад Оррока отмечает, что капитальные затраты при давлении в 100 атмосфер по смете обычно только на 5—6% выше, чем при 30 атмосферах, но что в окончательном счете на ряде фактически выполненных установок в САСШ 100-атмосферные станции оказались совсем равноценными по затратам с 30-атмосферными. Все без исключения выполненные в САСШ установки на такое давление дали в действительности значительную экономию в эксплуатации. В докладе Е. Робинзон (Э. 125) «Общее направление развития паровых турбин Женераль Электрик Компани» сообщается, что названная американская фирма построила и имеет в постройке турбины для установок с давлением пара от 86 до 100 атмосфер на суммарную мощность кругло 364 тыс. квт. Автор высказывает убеждение, что в будущем на такое высокое давление пара будут строиться установки всегда при дорогом топливе, тогда как при дешевом топливе будет применяться более низкое давление.

Такие же соображения высказывает и автор обширного доклада «Термическая электростанция» (Э. 60) Ф. Кларк, подробно описывающий американскую практику в области выбора параметров крупных электрических станций. Он приводит цифровой материал о результатах эксплуатации и основных показателях, а также оборудовании наиболее современных и крупных американских электростанций.

В частности он дает список крупнейших турбоагрегатов, установленных на американских станциях. Максимальная мощность единиц не изменилась по сравнению с тем, что было уже известно по журналам до конгресса. Крупнейший агрегат в 208 тыс. квт установлен и пущен в работу в 1929 г. на станции Стэйт Лайн около Чикаго. Он состоит из трех агрегатов с тремя самостоятельными валами. Агрегаты соединены только общим тепловым циклом. Крупнейших одновальных и одноцилиндровых агрегатов на мощность 75 тыс. квт имеется два: один установлен в 1928 г. в Буффало, другой в 1929 г. в Нью-Йорке. Крупнейший генератор имеет мощность 160 тыс. квт и установлен на станции Ист Ривер в Нью-Йорке в 1929 г. Этот генератор—величайший в мире, имеет 2 самостоятельные обмотки. Интересно отметить, что список турбин мощностью свыше 60 тыс. квт содержит только 14 названий.

Надо отметить, что на энергетической конференции обратили на себя большое внимание два доклада проф. Л. К. Рамзина «Последние успехи в сжигании низкосортных топлив» (Э. 1), в котором наибольший интерес вызвал способ сжигания влажных опилок во взвешенном состоянии, и «Основные принципы проектирования рациональных котельных установок» (Э. 108). Оба доклада были сравнительно подробно изложены в генеральных докладах соответствующих подсекций. Мнение Л. К. Рамзина о явном преимуществе индивидуальных систем пылеприготовления по сравнению с центральной на конференции разделялось всеми докладчиками, трактовавшими вопросы пылевидного топлива. Таких докладов было три на конференции и один — на конгрессе и все от английских докладчиков. Отмечались новейшие успехи применения пылевидного топлива даже для Ланкаширских котлов и других жаротрубных для металлургических и других заводских печей.

Из других докладов, относящихся к паровым электростанциям, отметим доклад Д. Троп (И. 252) (Англия), описывающий угдеподачу и золоудаление в современных котельных установках, и обширный доклад Ф. Неубэри (И. 334) «Электрооборудование американских электрических станций», из которого приводим следующую таблицу крупнейших генераторов: 60 периодов, 3.600 обор., 15.600 квт; 25 периодов, 1.500 обор., 160.000 квт; 50 периодов, 1.500 обор., 100.000 квт и 60 периодов, 1.800 обор., 94.000 квт. Крупнейший синхронный конденсатор имеет мощность 50.000 квт, трансформатор трехфазный (комплект из трех однофазных) — 100.000 квт.

Генераторное напряжение доходит до 23.000 в и предполагается довести его до 33.000 в, т. е. до нормального напряжения для высоковольтных распределительных сетей. Это избавляет от необходимости трансформировать ту часть энергии, выработанной на станции, которая непосредственно поступает в распределительную сеть.

Несколько докладов было посвящено турбинам Юнгстрема. Сам Фредерик Юнгстрем дал доклад под заглавием: «Огонь и вода» (Э. 91), описывающий применение турбин его системы на паровозах. Автор утверждает, что турбинный паровоз по его проектам выгоднее и дизелевозов и электровозов.

Применению турбин типа Юнгстрема на электростанциях было посвящено два доклада на конференции (оба шведских) и один — на конгрессе. Главный инженер завода Стал О. Виберг (Э. 129) дает интересный обзор свойств всех современных типов турбин и подробно останавливается на описании усовершенствований турбины типа Юнгстрема, введенных названным шведским заводом, и, в частно-

сти, описывает большую турбину на 70 тыс. *квт*, построенную им. Таким образом опровергается довольно распространенное мнение, будто турбины Юнгстрема неприменимы для очень больших мощностей. Вышеупомянутая турбина делает 1.500 оборотов в минуту и очень компактна. Завод Стал построил также турбину на 30.000 *квт* при 3.000 оборотов в минуту. Линдхаген и Лисхольм (Э. 127) тоже рассматривают преимущества турбин с радиальным потоком, но считают наиболее выгодным комбинировать эти турбины с турбинами обычного аксиального потока пара. Доклад Тога Комару (И. 122) описывает применение и производство турбин Юнгстрема в Японии, где имеется их 52 в эксплуатации.

### 3. Гидростанции, их оборудование и совместная работа с паровыми

Можно отметить по представленным докладам повышенный интерес к гидроэлектрическим установкам низкого и среднего напора. В докладе Свиннигсона и Броун (И. 713) «Новейшие успехи использования низконапорных водных ресурсов» авторы — канадцы — описывают практику Канады и САСШ. Они отмечают условности принятого разделения станций на низко-, средне- и высоконапорные. Недавно еще турбины Фрэнсиса применялись только для напоров не свыше 500 фут. — 162 м, теперь они применяются до 1.000 фут. — 328 м (имеется одна установка на этот напор). Пропеллерные турбины недавно считались характерными для напоров не свыше 10 м, теперь они применяются для напоров до 23 м.

Автор утверждает, что в настоящее время наиболее дешевый *квт* получается у гидростанций с напором между 60 и 100 фут., т. е. между 20 и 33 м. Интересно отметить, что в СССР пока наиболее дешевый установленный *квт* на Днепровской гидростанции, у которой напор близок к указанному авторами верхнему пределу. В рассматриваемом докладе описываются способы уменьшения потери борьбы с понижением напора во время половодья, из-за которого мощность гидростанции при большом избытке воды падает ниже нормальной. Способы эти, повышающие мощность во время половодья на 20—40%, сводятся к искусственному увеличению давления в напорном трубопроводе перед турбиной или к образованию добавочного всасывания в трубе после турбины. Первый способ равносителен повышению уровня верхнего бьефа, второй понижению уровня нижнего бьефа. Обращают внимание на широкое распространение за последние годы пропеллерных турбин. В Канаде установлены и строятся около 60 пропеллерных турбин на суммарную мощность около 600.000 лш. сил.

Как сообщает Б. Танака (Э. 55) в докладе «Пропеллерные турбины в Японии» имеются 103 гидроустановки мощностью свыше 1.000 лш. сил каждая с пропеллерными турбинами с поворотными лопастями (турбины Каплана) на общую мощность около 500.000 лш. сил. Он отмечает одно ценное в японских условиях преимущество турбин Каплана. Они облегчают задачу построения гидроустановки, которая может по желанию давать ток либо 50-периодный (для снабжения), либо 60-периодный (для снабжения энергией района Осака, где стандартная частота американская).

В докладе Хан и Маас (Э. 47) «Влияние пропеллерной турбины и турбины Каплана на развитие строительства гидроустановок» сообщается, что в Германии с 1925 г. на всех крупных низконапорных

станциях устанавливаются и заказываются только турбины Каплана. Крупнейшие в мире турбины этого типа устанавливаются числом 4 на гидростанции Рурбург-Шверштадт, строящейся совместно с баварскими и швейцарскими электроснабжающими обществами. Мощность каждой турбины 38.700 лш. сил. Как предельный напор для этих турбин автор указывает 18 м, при более высоких имеется опасность кавитации. Разбирая параллельно на конкретном примере три варианта низконапорной гидроустановки с 3 турбинами Фрэнсиса, 3 турбинами Каплана и 2 турбинами Каплана (более высокой мощности), он доказывает экономическое превосходство третьего варианта.

В докладе «Развитие производства водяных турбин в Японии» (Э. 54) автор М. Тацава — руководитель крупнейшей в Японии фирмы, строящей механическое оборудование гидростанций, отмечает, что стоимость гидравлических турбин составляет небольшой процент от полной стоимости гидроустановки, а именно: около 9% при напоре до 30 м, 6% при напоре 60 м и 5,5% при напоре свыше 120 м. Отсюда он делает вывод, что не следует стремиться к удешевлению таких турбин за счет ухудшения качества. Автор сообщает, что в Японии наибольшая установленная гидравлическая турбина имеет мощность 40.000 лш. сил, а наибольшая, построенная внутри страны, — 20.000 лш. сил. Он говорит, что японская промышленность многому научилась благодаря тому обстоятельству, что на гидростанциях имеется музей всевозможных типов гидротурбин, главным образом, швейцарских и американских. Интересно его замечание, что хотя швейцарское оборудование значительно дешевле американского, но тем не менее японцам приходилось частично ставить и более дорогие турбины под давлением инвестированного в японскую электроснабжающую промышленность американского капитала.

Развитие производства водяных турбин швейцарской фирмы Эшер-Вис описывается в докладе Мозер и Сейц (Э. 48). Эта фирма строила турбины Фрэнсиса до напора 290 м, тогда как мы видели выше, что в Канаде доходят до напора 328 м. Таким образом в настоящее время можно считать напор порядка 300 м пределом для применения турбин Фрэнсиса.

За недостатком места ограничимся перечислением докладов: М. Хаяши (Э. 51) «Об использовании низконапорных установок в японских условиях», Н. Келена (Э. 46) «О надежности и водонепроницаемости плотин» (Германия), М. Хегеле «О движении твердых наносов» (Э. 58) на основании французских исследований и двух докладов, описывающих строящиеся гидростанции, а именно доклад К. Морта (Э. 52) «О гидростанциях Фузанко в Корее» (напор 999 м, мощность 190 тыс. *квт*) и В. Муррей (Э. 37) «О гидростанции на р. Салуда в САСШ».

Перейдем теперь к рассмотрению ряда докладов, посвященных проблеме совместной работы гидроэлектрических и паровых электростанций. Этим вопросам посвящено 4 японских доклада. С. Фукака (Э. 61) в докладе «Совместная работа гидравлических и паровых электростанций с экономической точки зрения» приводит подробные сведения о гидрологии японских рек и о гидрологических характеристиках 38 крупнейших японских гидростанций. Из анализа этого материала он приходит к выводу, что экономически целесообразное использование гидроэлектрических станций при их самостоятельной работе невозможно и осуществимо только при совместной работе с «вспомогательными» паровыми станциями (по принятой у нас в СССР совершенно неправильной терминологией с «паровым резервом»).

Для японских гидроэлектростанций автор сообщает ту мощность, которая может быть дана в течение круглого года и круглых суток, называя ее «первичной» мощностью, ту мощность, которая в течение круглого года можно ежедневно развить без участия вспомогательной паровой станции, пользуясь суточным регулированием для покрытия пика, называя ее «первичной пиковой мощностью», и, наконец, ту добавочную мощность, которая может быть использована только в течение части года, называя ее «вторичной». Он приводит графики нагрузки в различных районах Японии и характерные способы покрытия графика при помощи совместной работы 3 типов станций: гидроэлектростанции без водохранилища, гидроэлектростанции, имеющей водохранилище, и вспомогательной паровой станции. После этого автор приводит сведения о совместной работе паровых и гидроэлектрических станций в Японии, где, как известно, имеется практически единая высоковольтная сеть центральной части.

Ниже приводим в таблице суммарные цифры из данных, сообщенных автором по отдельным районам и притом для двух лет — 1926 и 1927 гг., что дает возможность иметь некоторое представление о динамике.

Изменения, происшедшие за один год, подчеркнутые автором, таковы: быстрое развитие мощности станций, при усилении сотрудничества отдельных обществ, и в частности усиление связи паровых станций с гидроэлектростанциями. Из таблицы видно, что при большом росте мощности гидроэлектростанций вторичная мощность, т. е. чисто сезонная, не превращенная в постоянную вспомогательными паровыми станциями, понизилась.

	Мощность в КВТ	
	1926 г.	1927 г.
<b>Гидравлическая</b>		
Первичная только для пика . . . . .	1.282.288	1.399.356
Первичная . . . . .	1.109.016	1.200.384
Вторичная . . . . .	596.045	697.179
Пика на станции . . . . .	1.873.032	2.075.665
<b>Паровая мощность</b>		
Первичная . . . . .	343.627	431.706
Вспомогательная . . . . .	343.411	479.682
<b>Располагаемая первичная мощность гидроэлектростанций с помощью вспомогательной паровой . . . . .</b>	<b>1.965.523</b>	<b>2.312.515</b>
<b>Избыточная мощность</b>		
Вторичная гидравлическая . . . . .	256.437	223.569
Вспомогательная паровая . . . . .	3.803	5.072

Чистая сезонная мощность отпускается специально сезонным производствам по очень низкой цене, но, как отмечает автор, в Японии такая возможность использования сезонной энергии очень ограничена.

Как общее правило, в Японии паровые станции в зимнее время покрывают основные нагрузки, а гидравлические, имеющие водохранилища, покрывают пики (те же условия совместной работы, как у нас в Ленинграде — работа Волховской станции с паровыми). Автор отмечает, что в Японии имеется резко выраженная тенденция к увеличению разницы между зимним и летним максимумом нагрузки. Эта разница в 1924 г. составляла 24%, в 1925—26%, а в 1926—28% и в настоящее время повышается еще в связи с уменьшением числа смен на текстильных фабриках. Автор отмечает, что эта тенденция требует еще более тщательной проработки вопроса о наиболее выгодном соотношении паровых и гидроэлектрических станций во избежание излишних затрат капитала.

Автор формулирует условия, которым должна удовлетворять вспомогательная для гидроэлектростанций паровая станция, а именно: 1) станция должна быть возможно более дешевой, даже в ущерб коэффициенту ее полезного действия, так как число часов использования будет по необходимости малым; 2) оборудование станций должно быть рассчитано на возможность покрытия очень сильно колеблющихся пиков (отметим, что на строящейся около Токио паровой станции для государственных электрических железных дорог оборудование, по условиям заказа, допускает кратковременную перегрузку на 50%); 3) возможность пуска станции в работу с холодного состояния в кратчайший срок и 4) станция должна иметь минимальный обслуживающий персонал и оборудование, требующее минимальных затрат на содержание в порядке.

Эти условия предусматривают обычное в Японии положение, при котором гидроэлектростанция расположена на большом расстоянии от центра нагрузки, и вспомогательная паровая станция является одновременно резервом на случай перерыва линии.

И в а ш и к и Х и р о з е (Э. 62) в докладе «Параллельная работа гидравлических и паровых станций в центральной Японии», в отличие от предыдущего доклада, вместо описания существующего положения, рассматривает вопрос аналитически.

Базируясь на месячных кривых продолжительности расходов и нагрузки, он дает и подробно иллюстрирует метод расчета средней стоимости годового *квт* при различных условиях, различных стоимостьх установленного *квт* гидроэлектростанции и паровой станции, различных стоимостьх угля и различном распределении мощности гидравлической и паровой станций.

Затем этим методом он анализирует существующее положение в центральной Японии.

Автор приходит к выводу, что для условий центральной Японии выгоднее всего пользоваться вспомогательными паровыми станциями так, чтобы от 20 до 30% первичной мощности покрывалось паровыми станциями и от 80 до 70% — гидравлическими. Наиболее выгодная установленная мощность при японских условиях для гидроэлектростанции, на основании того же теоретического расчета, в 3—3,5 раза превышает мощность соответствующей обеспеченной круглый год первичной мощности без паровых станций.

Интересно отметить, что наша Днепровская станция тоже будет иметь установленную мощность (558 тыс. *квт*), превышающую в 3½ раза обеспеченную круглый год без вспомогательной паровой станции.

Доклад Э л е к т р о б ю р о японских государственных железных дорог (Э. 56) «Экономические обоснования проектирования гидроэлектростанции Шиногава и паровой станции в Токио» приводит подробный расчет мощности гидроэлектростанции и вспомогательной паровой станции на конкретном примере, исходя из задачи получить минимальную стоимость смешанного *квтч* при возможных минимальных капитальных затратах, учитывая и процент на капитал во время постройки. Обе станции уже строятся на мощность, определенную на основании приведенного в докладе расчета, а именно: гидроэлектростанция мощностью 140 тыс. *квт* в 7 агрегатах при напоре в 50 м, паровая станция 60 тыс. *квт* в 3 агрегатах, из которых один резервный. Эта система должна покрывать зимний максимум около 120 тыс. *квт* и должна дать энергию, отнесенную к шинам гидроэлектростанции в размере 650 млн. *квтч*. Из этой суммы 554 млн. *квтч* будут получены от гидроэлектростанции и 96 млн. *квтч* — от паровой станции. Длина линии

в 154 тыс. в от гидростанции до паровой — 214 км. Суммарная стоимость этой системы составляет 115,5 млн. иен (рублей золотом).

В докладе Ш. Кудо (И. 782) «Экономическое использование гидроэлектрической мощности совместно с паровой в Японии» автор делит гидростанции на 2 типа: такие, которые при помощи деривации используют естественный напор, и такие, которые пользуются напором, искусственно созданным высокой плотиной на реке. Так как в Японии более распространен первый тип, автор рассматривает вопрос о том, как выгоднее развивать такие станции при совместной работе с паровыми. Исходя из обычных в японских условиях величин стоимости гидростанции вышеуказанного типа (с суточным регулированием и без такового) паровых станций различных мощностей, а также стоимости топлива, учитывая, кроме того, колебания в некоторых пределах исходных данных, автор сравнивает капитальные затраты и стоимость энергии для трех случаев. В первом случае гидростанция снабжается таким водохранилищем и такой установленной мощностью, при которой большая часть года она работает одна, покрывая и основную и пиковую нагрузку; в периоды же, когда расход воды для этого недостаточен, пользуются паровой станцией, несущей основную нагрузку, тогда как гидростанция, пользуясь широкими возможностями регулирования, покрывает верхнюю часть суточного графика.

Второй случай: гидростанция строится без суточного регулирования и постоянно несет основную нагрузку, тогда как паровая станция, наоборот, в течение круглого года покрывает пики.

Третий случай: гидростанция снабжается суточным регулированием, но установленная мощность на ней недостаточна для регулирования в течение многоводного периода. Вспомогательная паровая станция в этом случае, как во втором, работает круглый год, но в многоводный период покрывает пики, а в маловодный период покрывает основную нагрузку<sup>1</sup>. Расчеты автора показывают, что наивыгоднейший случай — третий и что первый является наиболее дорогим. Разница между вторым и третьим случаями невелика. При этом выясняется, что преимущество второго и в особенности третьего способа перед первым увеличивается при увеличении отношения зимнего максимума к летнему, т. е. уменьшение коэффициента пользования, что, как уже отмечено в другом докладе, имеет место в Японии.

В докладе Гастпар (Э. 68) «Баланс генерирования и спроса электроэнергии» (Швейцария), на основании многочисленных расчетов и графиков, иллюстрируется роль паровых дизельных и теплоэлектрических станций при их совместной работе с гидроэлектрическими с целью наилучшего использования энергетических ресурсов. Автор отмечает выгодность применения во многих случаях дизельных станций, так как стоимость производства энергии на них меньше зависит от величины нагрузки и подчеркивает выгодность совместной работы гидроэлектрических станций с тепло-электро-централями, дающими пар на отопление вследствие разновременности из возможных максимумов.

В докладе Оррок (И. 316) автор приводит интересные графики для сравнения гидроэлектрических и паровых станций при различной

<sup>1</sup> Разница между первым и третьим способом заключается в том, что в первом способе мощность гидростанции больше, а мощность паровой станции меньше, чем в третьем. В первом способе лучше используется мощность водотока, в третьем способе лучше используется паровая станция, правда, за счет некоторого увеличения расхода топлива. Выводы Кудо хорошо согласуются с выводом Хирове, который пришел к необходимости давать вспомогательной паровой станции некоторую нагрузку круглый год. С. К.

стоимости установленного котла и различных ценах топлива в зависимости от числа часов использования, которое, как известно, является решающим фактором при сравнении паровой и гидроэлектрической станций.

#### 4. Способы покрытия пик, аккумуляирования энергии и обеспечения бесперебойности электроснабжения

Огромное распространение во всех странах систем электроснабжения, питающихся от нескольких станций, естественно вызывает необходимость в изыскании таких способов распределения нагрузки между ними, чтобы получить в конечном счете наименьшую стоимость средневзвешенного *квтч* всей системы.

Поэтому на конференции и на конгрессе не только в специально посвященных этому вопросу докладах, но и в более общего характера докладах встречаются интересные указания на применяемые в различных странах способы покрытия наиболее неприятной верхней части кривой нагрузки, так называемых пик. Здесь можно идти двумя путями: либо строить электростанции, специально предназначенные для покрытия пик, так, чтобы установленный пиковый котел стоил возможно дешевле, либо уничтожить самые пики, заполнив провалы между ними, что приводит к постройке специальных аккумуляторов энергии.

Идя по первому пути, т. е. изыскивая способы получить установленный котел пиковой мощности с наименьшими затратами, кроме, конечно, наиболее простого способа использования для этой цели устаревших станций, или сверх этого способа, можно требовать от современного машиностроения такого оборудования, которое допускало бы значительную перегрузку в течение нескольких часов продолжительности пик, хотя бы за счет временного снижения коэффициента полезного действия, по сравнению с таковым при нормальной нагрузке. Это предлагает представитель САСШ Робинзон (И. 270) в докладе, посвященном вопросу о способах покрытия пиковой нагрузки.

Рассмотрев все возможности, в том числе и различные способы аккумуляирования, Робинзон считает, что наиболее дешевым будет именно установка на станциях, несущих основную нагрузку, такого оборудования, которое в часы максимума могло бы работать с перегрузкой на 80—100%. По его мнению, современные котлы уже могут удовлетворить это требование без существенных конструктивных изменений, за счет, конечно, снижения коэффициента полезного действия на время перегрузки. Конструкция паровых турбин без особых трудностей могла бы быть усовершенствована для допустимости двойной перегрузки. Труднее разрешается вопрос об электрических генераторах. Здесь без коренного изменения системы охлаждения генератора не удастся обойтись. Автор считает возможным проектировать специальную холодильную установку для охлаждения воздуха или газа, циркулирующего внутри генератора, или даже применять водяное охлаждение генератора. Эти устройства, которые потребуют дополнительных расходов энергии, при нормальной нагрузке будут бездействовать. Необходимое для удовлетворения требования Робинзона удорожание оборудования будет все же, по его мнению, значительно ниже стоимости постройки новой станции на такую же мощность, как и основная.

Отражение, правда, в гораздо меньшем масштабе, мысли, сформулированной Робинзоном, мы можем наблюдать и у японских инженеров. Выше уже отмечено, что на строящейся около Токио паровой станции на 60 тыс. *квт* оборудование должно допускать мгновенную



перегрузку на 90 тыс. и 2-часовую перегрузку — до 75 тыс. *квт*, т. е. на 25%.

Возможность большой перегрузки оборудования электростанций имела бы существенное значение для повышения надежности работы электроснабжающей системы. К. Сторк (Э. 28) отмечает, что в Голландии требование обеспеченности непрерывности электроснабжения так велико, что соответствующие общества стали применять так называемый «вращающийся резерв»: на крупных станциях держат в работе всегда столько турбин, чтобы выход одной из них из строя мог бы немедленно компенсироваться большей нагрузкой других, для чего они обычно работают с неполной нагрузкой.

В докладе Робинсона рассматриваются и другие способы покрытия пик, например, двигателями внутреннего сгорания. В отличие от швейцарца Гастпара Робинзон не считает двигатели внутреннего сгорания подходящими установками для пиковой нагрузки, несмотря на неотрицаемые им удобства быстрого пуска в ход. Автор отмечает, что при годовом числе использования около двухсот чисто пиковых установок — стоимость дизелей слишком велика, а их высокая экономичность не имеет значения.

Рассмотрим теперь мнения докладчиков по вопросу об аккумуляровании энергии.

Уже упомянутый выше Робинзон считает, что устройство гидравлического аккумулятора в тех случаях, когда имеются подходящие естественные условия, является превосходным средством для улучшения работы паровых станций. Хотя этот способ в небольшом масштабе применялся уже давно в Америке, большой интерес к нему появился только недавно, главным образом в связи с постройкой в Германии около г. Дрездена крупнейшей установки такого типа.

Сущность этого способа заключается в том, что в местностях, где имеются подходящие условия, устраиваются 2 искусственных пруда на высоте нескольких десятков м один над другим. У нижнего пруда ставится гидроэлектрическая станция, причем на другом конце вала генератора имеется водяной насос. Генератор в ночное время и вообще в период ослабленной нагрузки на станции превращается в синхронный электромотор, который приводит в движение насос и качает воду из нижнего пруда в верхний. Наоборот, в часы максимума нагрузки работает гидростанция, причем из верхнего пруда вода через турбины течет в нижний. Несмотря на то, что коэффициент полезного действия установки только около 60%, она дает большую экономию, совершенно уничтожая колебания нагрузки у паровой станции, работающей по совершенно прямому графику.

В докладе В. Халкроу (И. 237) «Развитие водных сил Великобритании и Ирландии» сообщается, что после устройства в Англии общей государственной высоковольтной сети «решетки» будет иметься большая возможность устройства таких гидроаккумуляторов, работающих на общую сеть, а не с какой-нибудь определенной станции, как в Дрездене, так как в Англии во многих местах можно найти подходящие для этого естественные условия.

Гастпар (Э. 68) описывает крупнейшую в мире установку такого типа в центре Рурской области. Она присоединена к районной сети и состоит из искусственного озера около Хердеке длиной 4,5 км, средней шириной 400 м, образованном путем постройки плотины поперек Рурской долины. Верхний резервуар лежит на высоте 160 м над Рурской долиной и представляет собою небольшой пруд емкостью 1,5 млн. м<sup>3</sup>, образованный при помощи земляной плотины.

На станции установлены три агрегата, состоящие из мотора (он же генератор) с турбиной Френсиса на 48.500 лош. сил фирмы Фойт и Зульцеровского центробежного насоса на мощность от 32.500 до 36.000 лош. сил, в зависимости от противодействия, от 149 до 166 м, все три машины каждого из трех агрегатов имеют общий вал. Годовая производительность станции будет 150 млн. *квтч*. Готовность установок ожидается в текущем 1930 г.

Во многих докладах отмечалось стремление стран, пользующихся гидроэнергией, устраивать в верховьях рек водохранилища для регулирования нижележащих гидростанций. Специальный доклад по этому вопросу, описывающий соответствующие работы в Японии, представлен С. Сугийяма (Э. 50). Он сообщает, что из 8.670.000 лош. сил разрешенных к постройке гидростанций (вместе с уже построенными) — около 3.800 тыс. лош. сил не могут быть использованы в течение маловодного сезона, между тем имеется возможность вследствие благоприятных природных условий в Японии строить большие водохранилища в верховьях рек для сезонного регулирования. На р. Кизо существует и запроектировано несколько станций, принадлежащих одному и тому же обществу. Суммарный напор их 1.058 м. Общество предполагает построить в верховьях этой реки плотину высотой в 59 м и получить водохранилище с полезным запасом 56 млн. куб. м. Каждый куб. м в секунду, который будет вытекать из этого резервуара, даст на нижележащих станциях 8.366 *квт*. После его осуществления располагаемая мощность гидростанций на р. Кизо в маловодный сезон увеличится на 112 тыс. *квт*. Водоохранилище в верховьях рек улучшает также условия ирригации и ослабляет бедствия от наводнения.

В вышеупомянутых докладах Робинсона и Гастпара назывались также паровые аккумуляторы Рутса среди средств для покрытия пик. Но Робинзон относится к ним с осторожностью, считая, что их экономическое значение еще подлежит проверке. Доктор Рутс (Швеция) в докладе «Аккумулятор Рутса в электроснабжающей промышленности» (Э. 112) жалуется на то, что владельцы электроснабжающих предприятий воздерживаются от установки паровых аккумуляторов, несмотря на то, что имеется достаточно доказательств выгоды их применения не только в фабрично-заводских установках, но и на станциях общего пользования. Он объясняет это тем, что владельцы электростанций стремятся навязать потребителям электроэнергию определенного режима, тогда как в отношении режима потребления станции «должны были бы быть слугами, а не хозяевами».

В докладе И. Тоболла (Э. 118) «Об аккумуляторах Рутса в Японии» сообщается, что в настоящее время в 27 странах имеется 415 установок Рутса, из которых на электростанциях общего пользования только 25. В Швеции насыщенность энергохозяйства страны установками Рутса составляет 60%, в Германии — 25% и в Японии — 5%. Автор отмечает выгоду совместной работы с гидростанциями паровых станций, снабженных аккумуляторами Рутса. Сам Рутс и профессор Иоссе (Германия) в докладе «Значение аккумуляторов Рутса в современной паровой технике» (Э. 113) отмечает, что аккумуляторы Рутса являются не конкурентами, а желательными сотрудниками современных станций с котлами высокого давления и высокого перегрева пара.

Англичанин Е. Ритчи (Э. 117) в статье «Аккумуляция пара» подтверждает и на основании английской практики выгоды применения паровых аккумуляторов, указанных в ранее перечисленных докладах.

### 5. Линии высоковольтных электропередач и электрооборудование. Мощные сети, стабилизация параллельной работы и грозовые разряды.

По вышеперечисленным темам представлен ряд интересных докладов из САСШ. Отметим доклад комиссии из 4 лиц, образованной группой северо-американских электроснабжающих обществ для изучения вопросов, связанных с интерконнекцией (соединение) крупных высоковольтных сетей под длинным названием: «Современные методы развития и осуществления высоковольтных интерконнекций электрических систем в САСШ» (И. 303). Этот доклад, написанный очень схематически, начинается с перечисления большого числа прямых и главным образом косвенных выгод, получаемых от интерконнекции. Кроме обычных общеизвестных выгод в отношении экономии на установленной мощности, авторы приписывают большое значение возможности при интерконнекции увеличить загрузку новейших и лучших агрегатов за счет уменьшения загрузки менее экономичных. В докладе затрагиваются такие вопросы, как обязанности организаций, сети которых соединены, по содержанию и управлению объединенными линиями и станциями, и способы распределения материальных выгод от соединения между отдельными участниками посредством соответствующих договоров.

Исключительный интерес представляет доклад Ж о л и м а н и Ш т а у ф а ч е р (И. 453) «Линии очень высокого напряжения главным образом по американской практике». Авторы сообщают довольно подробно результаты эксплуатации в Калифорнии линий на это напряжение длиной в 240 и 200 миль (390 и 320 км), по которым в 1928 г. было передано по одной 1,66 млрд. *квтч*, по другой—0,88 млрд. *квтч*. Потери в передаче составляли от 10 до 15%. В конце линий—обязательно синхронные конденсаторы с крупными единицами (50 тыс. *ва*). Масляные выключатели устанавливаются с разрывной мощностью в 2½ млн. *кв*а (при 100 и 150 *кв* полтора млн. *кв*а). В виду их большой дороговизны стремятся составить схему так, чтобы их было как можно меньше. Комплект из двух масляных выключателей, соответствующих трансальтеров и части шин на подстанции стоит 100 тыс. долларов.

Хотя линии в 220 тыс. *в* менее других чувствительны к грозовым разрядам, все же бывали случаи повреждения и этих линий при грозе. Обязателен заземляющий трос один, или лучше 2—3. Таких защитных приспособлений, как алюминиевые разрядники, для 220.000 *в* не ставят вследствие дороговизны. Практика показала, что бывают случаи перекрытия изолятора, если они сильно запылены, и в таком состоянии их застал большой туман. Поэтому необходимо регулярно чистить изоляторы.

Автор сообщает, что напряжение в 220.000 *в* экономически оправдывается при передаваемых по линии мощностях от 100 до 200 тыс. *квт* в зависимости от расстояния. При мощности от 200 до 400 тыс. *квт* понадобится линий на 330 *кв*. Автор предвидит, что это случится в САСШ в ближайшем будущем. Трансформаторы и масляные выключатели, по мнению автора, на такое напряжение заводы дадут без затруднений. Наибольшие затруднения представит работа изоляторов при пыли и тумане, если и без того длинная гирлянда изоляторов тарелок будет по необходимости еще удлинена. Напряжение между отдельными элементами гирлянды при наличии сырости распределяется неравномерно.

Проблемам, связанным с линиями электропередач на 220.000 *в*, посвящен и японский доклад К а т о (И. 393).

Обстоятельный доклад «О проблеме устойчивости работы при передаче энергии на большие расстояния» Ч. Фортеस्कью (И. 302) рассматривает вопрос о статической и динамической устойчивости теоретически и затем охватывает применяемые в САСШ методы обеспечения устойчивости. Этим вопросом серьезно занимаются в Японском госу. электротехн. институте при помощи метода искусственной сети.

Под заглавием «Грозовые разряды» Ф. Пик младший (И. 305) описывает генератор искусственных грозовых разрядов на 5 млн. *в* в лаборатории «Дженераль Электрик» и опыты, которые с ним производились. Изучались катодным осциллятором волны естественных грозовых разрядов и потом эти волны воспроизводились искусственно и посылались по линиям электропередач нормального размера. Катодным осциллятором измерялось напряжение, перекрывающее изоляторы при естественном грозовом разряде, и сравнивалось с искусственным. Искусственная молния расщепляла 20-футовую деревянную опору.

Автор дает резюме полученных за последние 5 лет больших успехов в изучении явлений грозы, обсуждает практическое применение исследовательских работ и возможность спроектировать линию электропередачи, совершенно защищенную от грозовых разрядов.

В докладе «Гроза и линии электропередач» К. Доцэр (И. 74) сообщает интересные результаты наблюдений над грозовыми разрядами, произведенных французской обсерваторией на горе Пик де Миди в Пиренеях. Автор сообщает, что сила грозовых разрядов зависит от геологического строения местности. Так, например, вовсе не бывает ударов молнии на сплошном известняке, гранит и сланец, наоборот, очень подвержены им. Наиболее сильные разряды бывают на линии соприкосновения двух различных геологических формаций. Автор доказывает возможность по геологической карте данной местности составить карту грозовых разрядов и при помощи этой карты выбрать такую трассу для линий электропередач, чтобы опасность от грозовых разрядов была уменьшена до минимума.

Р. Митсуда и Охтсу (Э. 73) описывают разработанный автоматами способ защиты линий напряжения в 3.000 и 11.000 *в* против грозовых разрядов при помощи ртутного разрядника, использующего известные свойства ртутных паров. Дуга возникает при 250 *в* и прерывается при падении напряжения до 15 *в*. Генеральный докладчик отметил, что до широкого применения этих разрядников необходимо еще годы экспериментирования в нормальных условиях эксплуатации.

Японский электротехнический комитет обосновал свои правила и нормы для сооружения опоры электропередач на опытах излома этих опор. В докладе С. Такаhashи (И. 673) описываются производство и результаты 20 таких опытов. Интересно отметить, что опоры, рассчитанные прежними методами с тройным запасом прочности—фактически ломались уже при двойном усилии.

В уже отмечавшемся нами раньше докладе Ф. Неубэри (И. 334) «Электрооборудование американских электрических станций» сообщается о ряде новых типов оборудования электрических подстанций, как, например, «нерезонирующий» трансформатор, выключатели большой мощности, дающие разрыв в воздухе типа Дейон<sup>1</sup>, которые требуют объема не больше, чем масляные, широкое применение автоматических коммутирующих и регулирующих приборов. Сильно рас-

<sup>1</sup> Принцип действия их описан в «Известиях электротеха» № 11 в журн. «Электричество» №№ 21—22, 1929 г., стр. 220.

пространен способ управления ими на расстоянии путем наложения тока высокой частоты на линии электропередачи приборами радиотелеграфного типа.

В докладе Ч. Йокота и Б. Секине (И. 166) авторы описывают интересные исследования, произведенные в лаборатории японского Государственного электротехнического института, характеристики дуги при разрыве масляных выключателей и влияния на эти характеристики различных сортов масла.

В докладе Митсуда и Кэная (Э. 71) «Влияние высоковольтных линий электропередач на соседние воздушные линии связи и на радиоприем» рассматривается вопрос, имеющий большое значение для Японии, где вследствие чрезвычайного недостатка пахотной земли практически невозможно проводить линию высоковольтных передач на большом расстоянии от линий связи. Авторы описывают разработанный ими, на основании производившихся в течение 10 лет опытов, метод вычисления величины индуцированной электродвижущей силы в зависимости от свойств почвы, по которой проходят линии. Этот метод дает возможность определить минимально допустимое расстояние между линиями электропередачи и связи.

В выступлениях на Энергетической конференции высказывались соображения о выгодах введения передачи энергии на расстоянии постоянным током высокого напряжения, несмотря на всю трудность этого дела. Эти же соображения приводились в нескольких докладах общего характера. В частности отмечалось, что переход на постоянный ток высокого напряжения позволит избежать огромных затрат на переоборудование высоковольтных подземных кабельных линий в крупнейших городах САСШ в связи с быстрым ростом нагрузки кабельной сети. Несколько докладов итальянских, американских и японских на конференции и конгрессе было посвящено подземным кабелям очень высокого напряжения. В САСШ имеется уже эксплуатационный опыт — подземный кабель на 132 тыс. в, каковые кабели выделяются и итальянскими фирмами. В Японии сконструирован кабель на 154 тыс. в, который, однако, подвергался только лабораторным исследованиям (в эксплуатации в Японии имеется кабель на 66 тыс. в). В САСШ конструируют кабель на 22 тыс. в.

Интересно отметить доклад Р. Митсуда (Э. 72) «Ртутный инвентор». Это остроумный механизм, уже осуществленный и испытывающийся в японском Государственном электротехническом институте, служит для статического превращения постоянного тока в переменный. Он представляет собою пустотный аппарат, в котором образуется ртутная дуга между анодом и обычным ртутным катодом, причем эта дуга автоматически прерывается на определенный отрезок времени при помощи вращающегося диска с отверстиями. В цепь включается емкость, от которой зависит форма получающейся кривой. Инвентор Митсуда, скомбинированный с ртутным выпрямителем, разрешает в принципе задачу создания статического трансформатора постоянного тока. В настоящее время в испытании находится инвентор мощностью в 7 квт, превращающий постоянный ток 440 в в переменный ток 50 периодов и 200 в при коэффициенте полезного действия в 85%. Последний, по мнению автора, может быть повышен до 96%, при повышении напряжения до 2.000 в.

#### 6. Несколько слов о докладах по энергетике транспорта

В области железнодорожного транспорта и на конгрессе и на конференции был ряд докладов различных стран по вопросам

об электрификации железных дорог, тепловозов и турбинных локомотивов. На конференции главный интерес сосредоточился на борьбе различных систем паровозов, причем докладчиками являлись авторы этих систем. Юнгстрем (Э. 91) доказывал преимущество турбинного локомотива его системы перед другими паровозами и, в частности, перед электровозами в отношении плавности страгивания. Маклеод (Англия) в докладе «Паровой турболокомотив» (Э. 93) и доктор Целли (Швейцария) в докладе «Паровой турболокомотив с турбиной Целли» (Э. 92), каждый доказывал преимущество своей системы турболокомотива.

Бухли (Швейцария) в докладе «Экономия тепла в паровозе» (Э. 90) придает большое значение применению пара очень высокого давления до 130 атмосфер и пылевидного топлива на паровозе с поршневой машиной и считает маловероятным успех турбинного конденсационного локомотива.

Американец Канде (Э. 123), англичанин Хортон (И. 236) и итальянцы Бианчи и Леви-Гаттинара (И. 540) доказывают преимущество дизелевоза перед всеми другими способами реконструкции железнодорожного транспорта.

Американцы — Тоттен (Э. 88), Эрб (И. 344) и Джексон (И. 333), итальянцы — Тронкони (И. 555), Якобини (И. 437), Карли (И. 561 и И. 560), швед Эверхольм (Э. 89) и Управление государственных железных дорог в Японии (Э. 95 и И. 396) сообщают сведения о развитии электрификации железных дорог в своих странах.

Тоттен (Э. 88), сравнивая различные способы усовершенствования железнодорожной тяги, приходит к следующему заключению: 1) паровоз будет еще долгое время занимать первенствующее положение, 2) дизелевозы будут применяться все в большей степени, 3) турбинный локомотив еще не вышел из стадии опытов и экономичность его еще не доказана, 4) электрификация будет все в большей степени завоевывать транспорт: усиление густоты движения на магистральных линиях будет увеличивать выгодность электрификации.

Управление государственных железных дорог в Японии (Э. 97) сообщает сведения о быстром распространении и блестящих экономических эксплуатационных результатах фуникулерных железных дорог.

По автотранспорту отметим доклад доктора Фукуды (Э. 98) «О применимости в Японии электромобилей». В нем доказывалось, что в Японии, вследствие дороговизны импортного моторного топлива, с одной стороны, и огромного распространения линий электропередач — с другой, экономически целесообразно применять автомобили и автобусы с аккумуляторной тягой, причем эти батареи дадут выгодную нагрузку для районных сетей. Отметим также доклад француза Миль (Э. 101) «О применении электровозов с аккумуляторной тягой в угольных шахтах, как проблема рационализации производства».

В области энергетики морского транспорта отметим американский доклад Викман и Кенеди (Э. 103) «Влияние техники современных электростанций на некоторые стороны техники движения судов» и англичанина Спайэр (Э. 105) «Экономика применения пара высокого давления для движения судов», в которых говорится о выгоды переноса на морские суда достижений современных крупных паровых электростанций, а именно: применение пара высокого давления и высокого перегрева, пылевидного топлива, искусственной тяги, предварительного подогрева воздуха и т. п. Спайэр доказывает,

что турбина с паром высокого давления может успешно конкурировать с дизелями, как судовыми двигателями.

Датчанин Б л а ш (Э. 102) и ряд японских докладчиков доказывали преимущества дизелей перед паровыми турбинами для движения крупных морских судов (в последнее время японцы строят морские суда водоизмещением 20 тыс. *t* исключительно с дизелями).

Доктор Б а у э р (Германия) в своем докладе (Э. 104) сообщает о большой экономии в тепловом балансе, которая получается от комбинирования обычной существующей поршневой машины на корабле с противодавленческой турбиной, термически связанной. Эта система, испытанная в Англии, по словам автора, дает возможность на существующих судах повысить мощность на 25% и получить экономию в потреблении пара на 20%.