

PROCESSING COPY

3016943 @ @

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

S-E-C-R-E-T

25X1

COUNTRY	USSR	REPORT	
SUBJECT	Soviet Publications on Atomic Energy and Electrification; <i>Maps Locating Soviet Power Stations</i>	DATE DISTR.	9 November 1956
DATE OF INFO.		NO. OF PAGES	1
PLACE ACQUIRED		REFERENCE NO.	RD 25X1
DATE ACQUIRED		REFERENCES	This is UNEVALUATED Information

SOURCE EVALUATIONS ARE DEFINITIVE APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.

25X1

1. Four unclassified Soviet publications on atomic energy and electrification, published in 1956
2. The Russian-language pamphlets contain the following information:
  - a. Pervaya Atomnaya Elektrostantsiya Sovetskogo Soyuz (First Soviet Atomic Power Station) by N.A. Nikolayev; The pamphlet states the basic physics involved in atomic energy; describes the construction of the atomic reactor; gives a technological diagram of an atomic power station, reveals its management and control, its purpose and experiences acquired in its operation.
  - b. Kuybyshevskaya Gidroelektrostantsiya na Volge (Hydroelectric Station at Kuybyshev on the Volga) by N.A. Malyshev; This work narrates the history of the Kuybyshev Hydroelectric Station and its significance to the Soviet Union.
  - c. Leninskiy Plan Elektrifikatsii v Deystvii (Lenin's Plan for Electrification in Action) by G.M. Krzhizhanovskiy and V.Yu. Steklov; The pamphlet points out Lenin's creative vision in the field of electrification and furnishes a survey of post-Lenin Soviet progress in that field. Two maps locating Soviet hydroelectric stations are included.
  - d. Kosmicheskaya Navigatsiya (Cosmic Navigation) by V.V. Dobronravov; Dobronravov's work explains the solar system, devotes a chapter to the earth's artificial satellite and to atomic energy as fuel for interplanetary navigation, and states the conditions under which interplanetary flights may become a reality.

25X1

S-E-C-R-E-T

25X1

STATE	X	ARMY	X	NAVY	X	AIR	X	FBI		AEC				
-------	---	------	---	------	---	-----	---	-----	--	-----	--	--	--	--

(Note: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#")

25X1

Approved For Release 2008/03/13 : CIA-RDP83-00418R007000140003-5

**Page Denied**

Approved For Release 2008/03/13 : CIA-RDP83-00418R007000140003-5

12

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ  
ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ  
ЗНАНИЙ

ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК  
ПРОФЕССОР

В. В. ДОБРОНРАВОВ

КОСМИЧЕСКАЯ НАВИГАЦИЯ

Серия IV  
№ 7

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва — 1956

25X1.

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

---

---

Научный руководитель секции астронавтики  
при Центральном аэроклубе СССР имени В. П. Чкалова  
доктор физико-математических наук  
профессор

В. В. ДОБРОПРАВОВ

КОСМИЧЕСКАЯ НАВИГАЦИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

---

---

Москва



1956

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Введение . . . . .	3
Солнечная система . . . . .	5
Некоторые сведения из небесной механики . . . . .	6
Маршруты межпланетных полетов . . . . .	15
Использование атомной энергии в астронавтике . . . . .	23
Искусственный спутник Земли . . . . .	26
Условия для осуществления межпланетных полетов . . . . .	29

★ К ЧИТАТЕЛЯМ ★

Издательство «Знание» Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний просит присылать отзывы об этой брошюре по адресу: Москва, Новая площадь, д. 3/4.

Автор  
Владимир Васильевич Добронравов.

Редактор Т. Ф. Исланкина.  
Техн. редактор П. Г. Ислентьева.  
Корректор Г. М. Бауэр.

A05146. Подписано к печ. 30/IV 1956 г. Тираж 72 000 экз. Изд. № 360.  
Бумага 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>—1 бум. л.= 2 п. л. Учетно-изд. 1,98 л. Заказ № 3580

Ордена Ленина типография газеты «Правда» имени И. В. Сталина.  
Москва, ул. «Правды», 24.

### Введение

С каждым годом во всем мире возрастает интерес к вопросам межпланетных сообщений. Особенно велик этот интерес в нашей стране, где жили и работали основоположники идей астронавтики<sup>1</sup>.

В 1881 году Н. И. Кибальчич первый указал на возможность создания такого летательного аппарата, который мог бы перемещаться в космическом пространстве.

Известный ученый К. Э. Циолковский много трудился над разработкой теоретических основ астронавтики. Работы Циолковского в этой области имеют важнейшее значение и в наше время.

В связи с разработкой теории движения летательных аппаратов типа ракеты, в теоретической механике возник новый важный раздел — механика тел переменной массы.

Основы данного раздела были разработаны русским ученым И. В. Мещерским.

Глубокое практическое развитие идей К. Э. Циолковского имеется и в трудах Ф. А. Цандера и В. В. Кондратюка.

Бурное развитие ряда областей современной техники, начавшееся в сороковых годах и непрерывно усиливающееся, показывает, что человек не так уж далек от путешествия в другие миры.

В значительной мере этому будут способствовать необычайные успехи и открытия в физике (атомная энергия), в радиотехнике, в ракетной технике. Много нового и обещающего для астронавтики имеется также в химии, материаловедении и т. п.

В связи с этим резко увеличилось и продолжает расти число сторонников астронавтики. Межпланетные общества начали возникать во многих странах.

Проведено шесть международных конгрессов по астронавтике. Если на первом конгрессе присутствовали представители только шести стран, то в шестом конгрессе, прошедшем в августе 1955 года, участвовало уже восемнадцать стран, в том числе и СССР. Организована Международная астронавтическая федерация, издающая журнал «Acta astronautica». В ряды астронавтов вступает все большее и большее число ученых из самых разнообразных областей науки.

<sup>1</sup> Так называется наука о полетах в космическом пространстве.

Вопросы астронавтики глубоко разрабатывают советские ученые.

При Академии наук СССР учреждена премия и золотая медаль имени К. Э. Циолковского за лучшие работы в области астронавтики.

Представитель СССР на шестом Международном конгрессе астронавтов, руководитель Межведомственной комиссии при Академии наук СССР по координации работ по межпланетным сообщениям, академик, профессор МГУ имени М. В. Ломоносова Л. И. Седов заявил в Копенгагене представителям печати, что в ближайшие полтора-два года вполне возможно создание искусственного спутника Земли.

Правительство Соединенных Штатов Америки объявило, что в 1956—1957 годах будет создан искусственный спутник Земли в виде небольшого баллона с приборами для научных наблюдений в верхних слоях атмосферы Земли и за атмосферой.

Уже два года работает в СССР общественная научная организация — секция астронавтики при Центральном аэроклубе СССР имени В. П. Чкалова. За это время секцией проведена значительная научно-популяризаторская работа по астронавтике. В ряде высших учебных заведений работают кружки астронавтики.

Многие специалисты как у нас, так и за рубежом активно работают над проектами искусственных спутников Земли, межпланетных станций и маршрутов межпланетных сообщений.

Осуществление межпланетных сообщений может быть достигнуто только в результате дружных усилий ученых из самых различных областей науки. Весьма трудные отдельные частные проблемы, встающие перед организаторами межпланетного полета, относятся к самым разнообразным отраслям техники и непосредственно связаны с такими науками, как механика, физика, химия, радиоп физика, атомная физика и т. д.

Большую помощь в разработке проблемы космических полетов окажут такие отрасли науки и техники, как, например, радиоастрономия, радиотелеуправление и другие.

Применение современных быстродействующих счетно-аналитических устройств значительно упростит решение ряда задач.

Не менее серьезные и важные задачи стоят и перед такими естественными науками, как, например, биология и медицина. Ученые, работающие в этих областях, должны определить условия жизни космических путешественников во время их путешествия и пребывания в других мирах, природные условия которых резко отличаются от условий жизни на Земле.

Особенно тесно связана астронавтика с одной из древнейших наук — астрономией.

С возникновением астронавтики неизмеримо расширяется область практического применения астрономии. Действительно,

астронавты, совершающие космические путешествия, должны хорошо знать районы своих путешествий, т. е. точно представлять себе и конфигурацию солнечной системы в любое время года, и звездное небо; должны уметь безошибочно определять свое местоположение в мировом пространстве и изменять соответствующим образом направление своих маршрутов; должны иметь подробные карты солнечной системы, на которых были бы нанесены пути планет, включая все малые планеты, и схемы основных метеорных потоков, иметь подробнейшие карты нашей Галактики и т. д.

Астрономия делается для астронавтов такой же необходимой наукой, как география для мореплавателей, летчиков и путешественников. Так же, как капитан дальнего плавания должен знать географию океанов и омываемых ими берегов, так и астронавты должны знать географию космоса, т. е. астрономию.

При этом неизмеримо возрастает, как мы увидим далее, роль наиболее абстрактной в настоящее время ветви астрономии — небесной механики.

Рассмотрим, какими могут быть первые шаги в области реализации космических полетов, что может быть ближайшей целью межпланетного путешествия, в какой последовательности и по каким маршрутам будут проходить межпланетные полеты, от чего будет зависеть характер этих маршрутов, время, потребное для их осуществления, и какие основные трудности необходимо преодолеть для осуществления космических полетов.

### Солнечная система

Наша Земля входит в солнечную систему.

Солнечная система представляет собой собрание тел. Все эти тела имеют общее происхождение, связаны между собой взаимодействием и находятся в определенном движении. Солнце — центральное тело солнечной системы. Оно по своим размерам значительно больше планет, входящих в систему. Планеты отстоят от Солнца на определенных расстояниях и движутся вокруг него. Движение происходит по эллипсам, т. е. по более или менее растянутым окружностям. У большинства планет эти эллипсы представляют собой мало вытянутые окружности, или, как говорят в геометрии, эллипсы с малыми эксцентриситетами. Время, в течение которого планета описывает свою орбиту вокруг Солнца, для различных планет не одинаково. Время обращения Земли вокруг Солнца принимается равным одному году.

В таблице 1 приведены некоторые данные об основных планетах, входящих в солнечную систему.

Кроме движения вокруг Солнца, каждая планета еще вращается вокруг своей оси. Время полного оборота Земли вокруг



своей оси равно суткам. Продолжительности вращений других планет вокруг их осей выражаются самыми различными числами, например для Меркурия продолжительность его вращения вокруг оси равна времени его обращения вокруг Солнца.

Т а б л и ц а 1

Названия планет	Расстояния от Солнца (в миллионах километров)	Относительные расстояния, по сравнению с расстоянием от Земли, принятым за единицу	Время обращения вокруг Солнца (в годах)
Меркурий . . . . .	58	0,387	0,241
Венера . . . . .	108	0,723	0,615
Земля . . . . .	150	1,00	1,00
Марс . . . . .	228	1,524	1,881
Юпитер . . . . .	778	5,203	11,862
Сатурн . . . . .	1 426	9,538	29,457
Уран . . . . .	2 868	19,191	84,013
Нептун . . . . .	4 494	30,071	164,783
Плутон . . . . .	6 000	39,6	248

Многие планеты имеют спутников. Спутники планеты движутся вокруг нее тоже по эллипсам, вращаются вокруг своих осей и увлекаются планетами в их движении вокруг Солнца. Земля имеет одного спутника — Луну. У Марса два спутника — Фобос и Деймос, у Юпитера 12 спутников, у Нептуна два — один спутник по массе равен Меркурию. Кроме перечисленных выше девяти так называемых больших планет, в солнечную систему входит более 1500 малых планет, или астероидов. Многие из них имеют в поперечнике всего несколько километров, а некоторые и меньше. Общая масса всех малых планет не превышает массы Луны.

В межпланетном пространстве имеется еще бесчисленное множество так называемых метеорных тел: метеоров и метеоритов. Метеоры — крошечные частицы. Их диаметр не превышает 1 сантиметра. Метеориты — более крупные тела, вес которых может достигать нескольких тонн.

Малые планеты располагаются в основном между Марсом и Юпитером. Орбиты некоторых из них в их движениях вокруг Солнца представляют собой сильно вытянутые эллипсы.

О некоторых малых планетах мы будем говорить ниже, так как они имеют особое значение для астронавтики.

#### Некоторые сведения из небесной механики

Как уже говорилось, все тела, входящие в солнечную систему, начиная с мельчайших метеоров и кончая крупнейшими планетами, находятся в движении. Планеты движутся вокруг Солнца; вокруг некоторых планет движутся их спутники. Само

Солнце тоже входит в систему одного звездного скопления — Галактики и движется в этом скоплении, увлекая за собой всех членов солнечной системы.

Все эти движения происходят вследствие одного основного свойства материи — взаимного притяжения любых двух материальных тел. Это свойство взаимного притяжения материальных объектов выражается законом всемирного тяготения, сформулированным в XVII веке И. Ньютоном.

Закон всемирного тяготения гласит следующее: любые два материальных тела притягиваются с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. Математически это положение можно выразить такой формулой:

$$F = f \frac{Mm}{r^2}.$$

В этой формуле  $F$  обозначает силу взаимодействия между телами,  $M$  — массу одного тела,  $m$  — массу другого тела,  $r$  — расстояние между ними. Буквой  $f$  обозначен множитель пропорциональности, который называется «гравитационной постоянной» и имеет определенное числовое значение. Итак, на каждые из двух тел действует сила одинаковой величины, но она сообщает телам разные ускорения, зависящие от массы каждого тела. Если масса одного тела значительно больше массы другого тела, то сила взаимного притяжения отразится только на движении тела с меньшей массой, а тело с большей массой практически будет неподвижным. Тело с меньшей массой будет двигаться определенным образом вокруг неподвижного притягивающего центра. В этом случае мы будем иметь дело с простейшей задачей небесной механики — с задачей о движении материальной точки под действием силы притяжения со стороны неподвижного притягивающего центра. Эту силу притяжения можно выразить такой формулой:

$$F = - \frac{\mu m}{r^2}^*$$

где  $\mu = fM$ .

Здесь  $M$  — масса притягивающего центра,  $m$  — масса притягиваемой точки,  $r$  — расстояние от притягивающего центра до притягиваемой точки.

Эта простейшая задача небесной механики давно уже решена.

Оказывается, что характер движения притягиваемой точки, т. е. форма траектории и закон движения вдоль нее, зависит от начального расстояния  $r_0$  точки от притягивающего центра, от величины начальной скорости  $v_0$ , от направления вектора  $v_0$  начальной скорости, от массы  $M$  притягивающего центра.

\* Знак минус показывает, что сила направлена к притягивающему центру.

Могут быть три типа движения.

При  $v_0^2 < \frac{2\mu}{r_0}$  движение будет происходить по эллипсу. В одном из фокусов эллипса будет находиться притягивающий центр.

При  $v_0^2 > \frac{2\mu}{r_0}$  траекторией движения будет гипербола, а при  $v_0^2 = \frac{2\mu}{r_0}$  — парабола. Обе последние кривые будут не замкнутыми, т. е. притягиваемая точка будет постепенно удаляться от притягивающего центра в бесконечность и к своему первоначальному положению не вернется. При этом удаление в бесконечность будет быстрее происходить по гиперболе. Форму траектории точки и закон движения по этой траектории, т. е. зависимость проходимого пути от времени, величину ускорения в каждый дальнейший момент времени можно вычислить на основании законов механики. Физический смысл последних формул, от которых зависит вид траектории притягиваемой точки, можно объяснить более подробно. Когда точка находится под действием силы притяжения некоторого притягивающего центра, то она обладает в каждом своем положении некоторой потенциальной энергией поля тяготения<sup>1</sup>. Числовая величина этой потенциальной энергии (обозначим ее через  $\Pi$ ) вычисляется по формуле:

$$\Pi = - \frac{\mu m}{r}$$

Кинетическая же энергия точки вычисляется, как известно, по формуле:

$$I = \frac{mv^2}{2}$$

Теперь ясно, что выражают те неравенства, от которых зависит дальнейшее движение материальной точки, когда на нее будет действовать только одна сила притяжения со стороны притягивающего центра. Если точке сообщить в начальный момент кинетическую энергию, меньшую чем числовая величина ее потенциальной энергии (полная начальная энергия будет при этом отрицательной величиной), то этой начальной кинетической энергии хватит только на то, чтобы заставить точку двигаться по эллипсу вокруг притягивающего центра. В других же двух случаях начальной кинетической энергии будет достаточно для удаления точки в бесконечность от притягивающего центра.

На рис. 1 изображены все эти кривые. В одном из показанных случаев точка  $A$ , имеющая в начальном положении некоторую потенциальную энергию, будет двигаться по эллипсу, потому что сообщенная ей начальная кинетическая энер-

<sup>1</sup> Считая, что потенциальная энергия поля тяготения равна нулю в бесконечности.

тия не сможет удалить точку из сферы притяжения большей массы. Расположение в пространстве эллипса, по которому будет двигаться точка, зависит от направления сообщенной точке начальной скорости.

Таким образом, мы пришли к важнейшему для всей астронавтики положению: если материальная точка будет находиться под действием только одной силы притяжения со стороны некоторого определенного притягивающего центра, то весь характер ее движения полностью определяется начальными данными ее

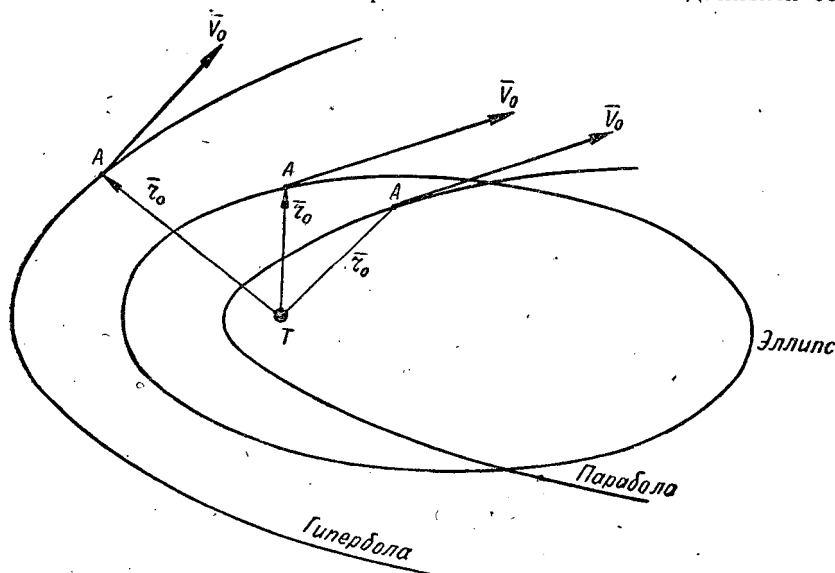


Рис. 1. Траектории, описываемые точкой  $A$ , движущейся под действием только силы притяжения к Земле  $T$ , при различных начальных данных  $(r_0, v_0)$ .

состояния в тот момент времени, начиная с которого на нее будет действовать только сила притяжения, т. е. величинами  $r$ ,  $r_0$ ,  $v_0$  и направлением начальной скорости.

Еще раз необходимо отметить, что для астронавтики большое значение будут иметь и общая астрономия и небесная механика. Составление маршрутов, выяснение траекторий при различных начальных данных, умение ориентироваться в мировом пространстве — все это требует хорошего знания астрономии и небесной механики. Они будут крайне нужны штурманам космических кораблей.

Даже и в том случае, когда в распоряжении людей или, может быть, обитателей другого мира будут иметься такие космические корабли, движением которых можно будет распоряжаться в пути во время всего космического перелета, то и при этих условиях штурман космического корабля должен знать, какое

влияние на предполагаемый маршрут окажет притяжение различных небесных тел, находящихся в зоне данного маршрута.

Что же касается начального периода астронавтики, когда космические корабли будут обладать запасами топлива, строго рассчитанными для определенного маршрута, когда большая часть перелета будет происходить с выключенными двигателями, т. е. когда движущей силой космического корабля станет именно сама сила притяжения со стороны того или иного небесного тела, методы небесной механики будут самым непосредственным образом применяться к расчету траекторий полетов, программных таблиц для координат, скоростей и ускорений и т. д.

Астронавтам первых космических кораблей необходимо будет уметь использовать при полетах силу всемирного тяготения.

В начале межпланетного рейса космическому кораблю придется преодолевать силу притяжения того небесного тела, от которого он отправляется. На это будет затрачиваться определенное количество энергии. Но запасы энергии у космических кораблей в начальный период межпланетных сообщений будут ограничены. На основе математических исследований, базирующихся на работах Циолковского и Мещерского, установлено, что космический корабль может лететь не все время с работающим двигателем.

При отлете космического корабля с работающим двигателем на определенное расстояние от какого-либо небесного тела он приобретает определенную скорость и направление. После этого двигатель может быть выключен и корабль благодаря приобретенной скорости будет лететь по некоторой определенной траектории к цели полета. При движении корабля на него некоторое время еще будет действовать сила притяжения того тела, от которого он удаляется. Поэтому движение будет замедленным. Благодаря скорости, имевшейся у корабля в момент выключения двигателя, он сможет лететь в определенном направлении до тех пор, пока не попадет в сферу притяжения того небесного тела, на которое направляется. При этом некоторое время он сможет двигаться с выключенным двигателем под влиянием силы притяжения и только при посадке придется израсходовать некоторое количество энергии для торможения.

При перелете с одной планеты на другую придется преодолевать расстояния в десятки миллионов и даже сотни миллионов километров. При этом космический летательный аппарат будет находиться почти на всем своем пути в абсолютно пустом пространстве. Не будет никакой материальной среды, которая могла бы его поддерживать или от которой он мог бы отталкиваться.

Этот летательный аппарат должен быть ракетой в широком смысле слова, т. е. летательным аппаратом, имеющим реактивный двигатель.

Реактивный двигатель работает, говоря в общих чертах, следующим образом: при горении топлива создается энергия, которая выталкивает из корпуса ракеты через сопла раскаленные массы газа с большими скоростями. Эти массы, вылетая из сопла ракеты, как бы отталкиваются от корпуса ракеты, и, по известному из механики закону равенства действия и противодействия, ракета при этом сама получает ускорение, а следовательно, и движение в противоположную сторону.

Для того чтобы ракета смогла приобрести некоторую скорость, должно быть израсходовано определенное количество топлива. Это выражается формулой, носящей название формулы К. Э. Циолковского:

$$v = v_r \ln \frac{M_0}{M}$$

В этой формуле  $v$  — скорость ракеты в некоторый момент времени;  $M$  — масса ракеты вместе с топливом в тот же момент времени;  $M_0$  — начальная масса ракеты вместе с топливом в начальный момент времени, когда скорость ракеты была равна нулю и из начального запаса топлива не было еще ничего израсходовано;  $v_r$  — относительная скорость, с которой газы вылетают из ракеты (скорость по отношению к корпусу ракеты).

Чтобы достичь заданной скорости  $v$ , необходимо израсходовать количество топлива, равное разности между начальным запасом топлива  $M_0$  и количеством топлива, которое осталось в ракете в тот момент времени, когда она достигла данной скорости. Расход топлива для достижения заданной скорости при определенной скорости истечения равен  $M_0 - M$ .

Формулу Циолковского можно представить и в следующем виде:

$$v = v_r (\ln M_0 - \ln M).$$

Из последней формулы видно, что скорость ракеты возрастает пропорционально не самому расходу топлива, а пропорционально разности натуральных логарифмов количеств начального и оставшегося топлива. Иначе говоря, при данной относительной скорости истечения газов скорость ракеты возрастает значительно медленнее, чем непосредственный расход топлива.

Число, показывающее, во сколько раз начальный вес ракеты с топливом больше веса ракеты к тому моменту времени, когда она получила уже определенную скорость, называется «отношением масс» для данной скорости ракеты и при данной скорости истечения газов из ракеты.

Отношение масс показывает, какой запас данного топлива должен быть взят, чтобы ракета достигла требуемой скорости. От характера топлива зависит величина его запаса. При боль-

шей скорости истечения газов из ракеты запас топлива может быть меньшим и наоборот.

Но здесь могут встретиться серьезные затруднения. Например, может случиться так, что для достижения требуемой скорости придется брать такое большое количество топлива и ракета будет так велика по объему и весу, что при данной скорости истечения газов реактивная тяга не сможет даже сдвинуть ракету. При большей скорости истечения потребуется выбрасывать меньшее количество топлива; при меньшей же скорости истечения потребуется больший расход выбрасываемой массы. Все это следует из одного основного закона механики — закона о количестве движения.

Все эти положения имеют непосредственное отношение к астронавтике. Дело в том, что для того, чтобы летательный аппарат смог отправиться в космический рейс, он должен сначала вырваться из-под влияния силы земного тяготения, а затем достичь сферы притяжения той планеты, которая является целью путешествия.

Казалось бы, что для этой цели проще всего двигаться от Земли, например до Луны, по прямой линии. Но, чтобы удалиться от Земли на такое расстояние, на котором притяжение Земли будет меньше притяжения Луны, необходимо пролететь, преодолевая силу тяжести, около 300 000 километров.

Для такого прямолинейного движения скорость освобождения должна быть больше параболической. Все это вытекает из характера действия силы притяжения, убывающей обратно пропорционально квадрату расстояния от Земли.

Имеется другой, более выгодный с точки зрения экономии топлива, путь. Оказывается, можно на недалеком расстоянии от Земли сообщить ракете такую скорость, при которой далее она под действием силы притяжения с выключенным двигателем будет двигаться как бы по инерции по параболической или по некоторой эллиптической траектории. Двигаясь по этим траекториям, космический корабль сможет удалиться так далеко от Земли, что далее попадет в сферу притяжения Луны.

Эти начальные скорости, которые приводят в дальнейшем к освобождению от влияния поля тяготения Земли, носят название «скоростей освобождения». На различных расстояниях от Земли эти скорости освобождения различны.

Кроме скоростей освобождения, могут быть, оказывается, и такие начальные скорости, при которых ракета дальше будет двигаться или по окружности вокруг Земли, или по слабо вытянутому эллипсу, т. е. превратится в искусственного спутника Земли.

Подобные скорости называются в астронавтике «круговыми скоростями». Они тоже зависят от расстояния от центра Земли.

В таблице 2 приведены величины круговых скоростей и ско-

ростей освобождения для различных расстояний от центра Земли.

Таблица 2

Расстояние от центра Земли (в радиусах)	Расстояние от центра Земли (в километрах)	Круговая скорость (в метрах в секунду)	Параболическая скорость освобождения от притяжения Земли (в метрах в секунду)
1	6 378	7 900	11 180
2	12 756	5 595	7 900
3	19 134	4 568	5 460
4	25 511	3 956	5 595
5	31 890	3 538	5 004
10	63 780	2 502	3 538
20	127 560	1 769	2 502
50	318 900	1 109	1 582
100	637 800	791	1 119
500	3 189 000	354	500
1 000	6 378 000	250	354

Из таблицы 2, составленной при помощи формул небесной механики, видно, что если ракете у поверхности Земли сообщить горизонтальную скорость около 8 километров в секунду, то она начнет двигаться по окружности вокруг Земли.

Для того же, чтобы ракета начала двигаться вокруг Земли по круговой орбите, радиус которой равен двум радиусам Земли, достаточно сообщить ей начальную скорость только в 5,6 километра в секунду и т. д.

Подобная же картина рисуется и для начальных скоростей освобождения при полете на Луну. У самой поверхности Земли эта скорость равна 11,18 километра в секунду, а на расстоянии земного радиуса от поверхности Земли эта скорость равна уже 7,9 километра в секунду.

Таблица 3 показывает, каково должно быть соотношение масс в ракете, чтобы при заданной скорости истечения газов ракета достигла требуемой скорости.

Таблица 3

Отношение масс $\frac{M_0}{M}$	Скорости истечения газов из сопла ракеты (в метрах в секунду)							
	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	10 000	15 000	20 000
1,5	405	810	1 216	1 621	2 030	4 050	6 080	8 100
2	693	1 386	2 079	2 772	3 465	6 932	10 397	13 864
3	1 098	2 196	3 294	4 392	5 490	10 986	16 476	21 960
4	1 386	2 772	4 158	5 544	6 930	13 863	20 793	27 736
5	1 609	3 218	4 827	6 436	8 045	16 094	24 135	32 188
10	2 603	5 206	7 809	10 412	13 015	26 030	39 045	52 060
20	2 996	5 992	8 988	11 984	14 980	29 957	44 937	59 914
50	3 912	7 824	11 736	15 649	19 560	39 120	58 680	78 240
100	4 665	9 330	13 995	18 660	23 325	46 650	69 975	93 300



Из таблицы видно, что при скорости истечения в 2000 метров в секунду для создания искусственного спутника Земли, движущегося вокруг нее на близком расстоянии (несколько сот километров) со скоростью в 7824 метра в секунду, требуется

соотношение масс, равное 50.

Но при составлении таблицы 3, предполагалось, что на ракету действует только сила тяги и не действуют никакие силы сопротивления. В действительности же для удаления ракеты на указанное расстояние от Земли ей необходимо преодолеть силу притяжения и сопротивление атмосферы. В результате соотношение масс должно быть значительно большим (близким к 100). Иначе говоря, ракета при старте с

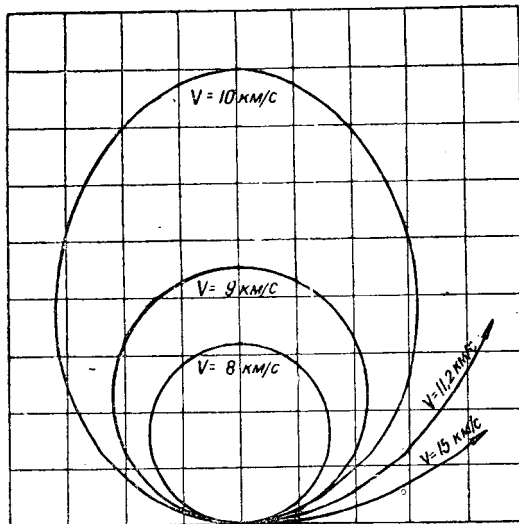


Рис. 2. Траектории точки в поле тяготения Земли при различных начальных скоростях.

Земли должна взять топлива в 99 раз больше, чем весит корпус и оборудование.

Постройка таких ракет при данном уровне развития техники невозможна. Решение этой задачи могло бы быть облегчено созданием составных (многоступенчатых) ракет.

А для достижения скорости освобождения на расстоянии тех же нескольких сот километров соотношение масс будет уже больше 200. При истечении газов со скоростью в 4000 метров в секунду соотношение масс уменьшится почти в 10 раз. Но постройка и таких ракет при современном уровне развития техники еще невозможна.

На рис. 2 показаны те траектории, которые будет описывать ракета, выбрасываемая с поверхности земли с различными начальными скоростями.

Для того чтобы ознакомить читателей с другими телами солнечной системы, мы приводим оригинальную таблицу Гудвина (табл. 4). В этой таблице указаны расстояния тел солнечной системы от Земли, их размеры, даны сведения о наличии или отсутствии атмосферы и жизни, и о скоростях освобождения при отлете с других планет. При этом планеты Марс, Юпитер,

Сатурн, Уран приведены вместе с их спутниками, которые, безусловно, будут иметь определенное значение для астронавтики.

### Маршруты межпланетных полетов

Теперь покажем в общих чертах, как с точки зрения теоретической и небесной механики должен рассчитываться маршрут межпланетного полета. Посмотрим, например, какой же окончательный вид примет этот маршрут и какова будет его продолжительность при полете на Луну и ближайшие планеты. Начнем с полета на Луну. Наиболее выгодным, в смысле экономии топлива, представляется следующий маршрут: ракета стартует с поверхности Земли и движется в определенном направлении согласно астрономическим, небесномеханическим и ракетодинамическим вычислениям штурмана. За несколько минут, двигаясь под действием реактивной силы тяги с большим ускорением, но не превышающим четырех-пятикратного ускорения силы тяжести<sup>1</sup>, ракета на расстоянии около тысячи километров от Земли получает скорость примерно в 11 километров в секунду.

В этот момент двигатель будет выключен и ракета продолжит движение только под действием силы притяжения Земли. Полученная начальная скорость и ее направление должны быть такими, что дальнейшее движение под действием притяжения Земли будет происходить по эллипсу, охватывающему также и Луну (рис. 3). Двигаясь по этой эллиптической траектории, ракета пройдет нейтральную зону притяжения Земли и войдет в сферу действия притяжения Луны.

Для того чтобы обогнуть Луну по круговой орбите, летчик должен включить на некоторое время двигатель. При этом можно достичь скорости такой величины и такого направления, при которой дальнейшее движение будет происходить только под действием силы притяжения Луны по круговой или эллиптической траектории. Для возвращения корабля на Землю (без посадки на Луну) необходимо опять сделать соответствующий маневр для перехода на эллиптическую траекторию по направлению к Земле. Таким образом, топливо будет расходоваться в основном только на переходы из одной траектории в другую.

По мере удаления от притягивающего центра скорость космического корабля будет убывать. Она может быть подсчитана для любого положения корабля на его траектории по формуле, выражающей закон сохранения механической энергии, — сумма кинетической и потенциальной энергии движущейся

<sup>1</sup> Такое ускорение в течение нескольких минут пассажиры смогут перенести.

гося тела в процессе движения является постоянной величиной:

$$\frac{v^2}{2} - \frac{\mu}{r} = \frac{v_0^2}{2} - \frac{\mu}{r_0}$$

(после сокращения на массу движущегося тела)<sup>1</sup>. По этой формуле можно подсчитать скорость корабля на любом расстоянии от центра Земли.

Положим, что начальная скорость освобождения  $v_0 = 11,18$  километра в секунду и  $r_0 = 6400$  километров. Тогда по приведенной формуле можно подсчитать, что на расстоянии от Земли  $r$ , равном 120 000 километров (по радиусу — вектору), корабль будет иметь скорость только 0,63 километра

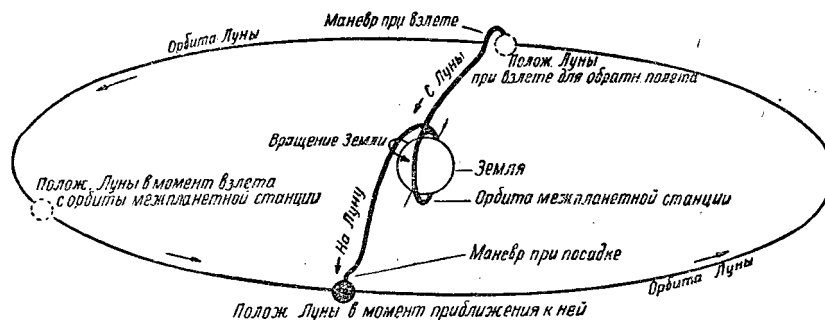


Рис. 3. Схема полета на Луну и возвращения на Землю.

в секунду. После входа в зону притяжения Луны эта скорость будет увеличиваться. При меньших начальных скоростях траектории будут эллипсы.

Имеются также формулы, по которым точно можно подсчитать, за какое время может быть пройден тот или иной путь и по параболической траектории и по эллиптической.

При наименьшей начальной скорости, при которой корабль сможет достичь зоны притяжения Луны, продолжительность полета в один конец будет равна пяти суткам.

Можно подсчитать, какова должна быть начальная скорость отлета с Земли, чтобы полет продолжался не более суток.

Таким образом, корабль достигнет Луны не по кратчайшему прямому пути, а по эллиптическому. Но зато по этому пути корабль будет двигаться, расходуя значительно меньше топлива.

<sup>1</sup>  $\mu = fM$ , где  $f = 6,6 \cdot 10^{-8}$ ;  $M = 5,97 \cdot 10^{27}$  в абсолютных единицах.

Таблица 4

Название небесного тела	Минимальные расстояния планет от Земли и спутников от планет (в километрах)	Диаметр (в километрах)	Атмосфера	Жизнь	Скорость освобождения (в километрах в секунду)
1. Меркурий <sup>1</sup>	80 000 000	4 800	нет	нет	3,84
2. Венера . . .	40 000 000	12 160	есть	??	10,4
3. Луна . . . . .	382 171	3 456	нет	нет	2,4
4. Гермес <sup>2</sup> . . .	352 000	1,6	"	"	незначительная
5. Марс . . . . .	56 000 000	6 752	есть	есть	5,12
6. Фобос . . . . .	9 280	16	нет	нет	незначительная
7. Деймос . . . .	23 300	8	"	"	"
8. Церера . . . .	416 800 000	768	"	"	"
9. Паллада . . . .	416 800 000	488	"	"	"
10. Веста . . . . .	416 800 000	384	"	"	"
11. Юнона . . . . .	416 800 000	192	"	"	"
12. Юпитер . . . .	587 200 000	142 400	есть	"	60,8
13. Луна V . . . . .	180 160	160	нет	"	незначительная
14. Ио . . . . .	418 880	3 680	"	"	2,4
15. Европа . . . . .	666 400	3 200	"	"	2,4
16. Ганимед . . . .	902 720	5 120	"	"	3,84
17. Каллисто . . . .	1 840 000	5 120	"	"	3,84
18. Луна VI . . . . .	11 360 000	160	"	"	незначительная
19. Луна VII . . . .	11 680 000	64	"	"	"
20. Луна X . . . . .	11 760 000	24	"	"	"
21. Луна XI . . . . .	22 400 000	24	"	"	"
22. Луна VIII . . . .	23 200 000	64	"	"	"
23. Луна IX . . . . .	23 680 000	32	"	"	"
24. Луна XII . . . .	22 400 000	24	"	"	"
25. Сатурн . . . . .	1 190 400 000	113 000	есть	"	36,7
26. Мимас . . . . .	184 000	600	нет	"	незначительная
27. Энцелад . . . .	236 800	720	"	"	"
28. Тэтис . . . . .	296 000	1 200	"	"	"
29. Дион . . . . .	374 400	1 400	"	"	"
30. Рея . . . . .	523 200	1 600	"	"	"
31. Титан . . . . .	1 217 000	5 600	"	"	3,84
32. Гиперион . . . .	1 471 000	480	"	"	незначительная
33. Япет . . . . .	3 520 000	1 600	"	"	"
34. Феб . . . . .	12 800 000	320	"	"	"
35. Темис . . . . .	(открыт в 1905 г. Пикерингом, но открытие не подтверждено)				
36. Уран . . . . .	2 570 000 000	49 600	есть	нет	22,4
37. Миранда . . . .	129 700	240	нет	"	незначительная
38. Ариэль . . . . .	192 000	960	"	"	"
39. Умбриэль . . . .	265 800	640	"	"	"
40. Титания . . . . .	435 000	1 600	"	"	"
41. Оберон . . . . .	582 000	1 600	"	"	"
42. Нептун . . . . .	4 275 000 000	44 800	есть	"	24
43. Тритон . . . . .	352 000	4 800	нет	"	3,84
44. Нереид . . . . .	8 000 000	320	"	"	незначительная
45. Плутон . . . . .	5 120 000 000	10 090(?)	есть	"	не выявлена

<sup>1</sup> Разрядкой напечатано название планет.<sup>2</sup> По другим источникам, Гермес находится от Земли на расстоянии не менее одного миллиона километров.

Процесс точных вычислений всех данных, относящихся к длительности полета, к форме траектории, программе скоростей, проделанный с применением всех строгих правил механики, математики и астрономии, пока еще нигде не опубликован. Все приводимые нами цифры получены методом решения задачи о двух телах, иначе говоря, считаем, что сначала корабль движется под действием притяжения одной Земли, а затем одной Луны. На самом же деле, необходимо учитывать все время взаимодействие трех тел, и, безусловно, точные траектории и сроки будут подсчитываться методами, относящимися к решению задачи о трех телах. Перед молодым поколением механиков и астрономов лежит огромное поле деятельности.

Расчеты маршрутов для полета на соседние с Землей планеты — Марс, Венеру, Меркурий — значительно более сложны, разработаны еще далеко недостаточно, и различными авторами сообщаются разные цифровые результаты. Подробный процесс всего расчета тоже по существу еще никем не опубликован.

Положим, что космический корабль получит по отношению к Земле такую скорость, при которой он будет двигаться по параболе или по гиперболе. Но, выйдя благодаря этому из-под влияния силы притяжения Земли, корабль попадет под влияние силы притяжения Солнца. Под действием этой силы корабль может отклониться от первоначальной траектории и начать двигаться вокруг Солнца. В зависимости от скорости движения корабля в тот момент, когда он попадет в сферу притяжения Солнца, он начнет двигаться вокруг него по одной из кривых: эллипсу, параболе или гиперболе. В частности, чтобы корабль начал двигаться вокруг Солнца по параболе, т. е. чтобы он смог удалиться из пределов солнечной системы, ему нужно сообщить по отношению к Солнцу скорость в 42 километра в секунду. Для этой цели он должен получить на поверхности Земли скорость в 16,7 километра по отношению к Земле, и при этом движение должно быть направлено под малым углом к направлению движения Земли вокруг Солнца. Скорости в 42 километра в секунду по отношению к Солнцу называются скоростями освобождения по отношению к солнечной системе.

Необходимо отметить, что здесь иногда наблюдаются слишком упрощенные и неправильные представления о существе вопроса. Скорость движения Земли вокруг Солнца немного больше двадцати девяти километров в секунду. Начальная скорость по отношению к Солнцу для полета на Марс немного больше тридцати двух километров в секунду. Иногда говорится, что достаточно сообщить космическому кораблю дополнительную к скорости Земли скорость в 3 километра в секунду по направлению движения Земли вокруг Солнца, чтобы полу-

чилась начальная скорость в 32 километра для полета на Марс.

Дело обстоит, как мы видим, не так. В частности, в данном случае, при организации полета на Марс вовсе недостаточно запустить ракету с экватора Земли одновременно в сторону вращения Земли вокруг оси и по направлению движения Земли по её годовой орбите, сообщив ракете скорость по отношению к Земле только в 3 километра в секунду. В этом случае корабль даже не выйдет из-под влияния притяжения Земли.

Оказывается, для выхода на траекторию к Марсу необходимо проделать несколько определенных маневров с кораблем. Прежде всего нужно иметь точные данные о движении Марса и Земли по их орбитам вокруг Солнца. Корабль должен быть выведен на вспомогательную круговую траекторию вокруг Земли на расстоянии от нее в несколько тысяч километров.

С круговой траектории корабль должен быть переведен на переходную гиперболическую траекторию. Для того чтобы корабль мог перейти с последней траектории на основную полуэллиптическую траекторию вокруг Солнца, ему нужно сообщить скорость в 32,7 километра в секунду по отношению к Солнцу. Для этого нужно будет включить на короткий промежуток времени двигатель. После того как корабль перейдет на основную полуэллиптическую траекторию, двигатель выключают, и корабль движется только под действием притяжения Солнца. При дальнейшем движении корабля он встретит Марс на его орбите в точке, диаметрально противоположной той точке, где находилась Земля во время вылета корабля.

Весь путь по полуэллипсу будет пройден за 258 суток. Здесь встречается одно затруднение: корабль не сможет сейчас же начать движение назад по другой половине эллипса, так как Земля за это время займет на своей орбите другое положение и корабль ее не встретит. Чтобы вернуться назад на Землю, необходимо, чтобы Земля и Марс были расположены так же, как при вылете, только с отсчетом в обратную сторону. Экипаж корабля должен будет выждать на Марсе удобного момента для возвращения. Ждать придется 440 дней. Обратный путь опять займет 258 суток, и общая продолжительность всего путешествия будет более двух с половиной лет.

Путь корабля с Земли на Марс показан на рис. 4.

Путешествие на Марс облегчается в известной мере тем обстоятельством, что вблизи этой планеты имеются две естественные промежуточные станции. Марс, как известно, имеет двух крошечных спутников. Эти спутники были открыты в 1877 году, т. е. в том же году, когда были обнаружены и «каналы» на Марсе астрономом Скиапарелли.

Ближайший спутник Марса — Фобос. Его диаметр всего 15 километров. От Марса он находится на расстоянии

5 000 километров. Полный оборот вокруг Марса Фобос совершает за 7 часов 39 минут. Так как оборот Марса вокруг своей оси происходит за 24,5 часа, то выходит, что фобосовский месяц короче в несколько раз марсианского дня.

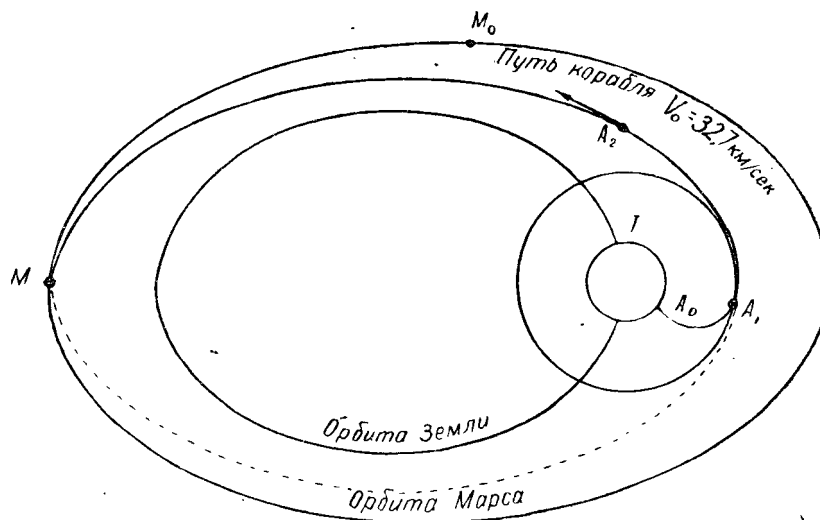


Рис. 4. Путь корабля с Земли на Марс.  
 Т — Земля;  $A_0$  — положение межпланетного корабля на Земле;  $A_1$  — межпланетная станция;  $A_1A_2$  — отрезок промежуточной гиперболической траектории для перехода с круговой орбиты межпланетной станции на эллиптическую траекторию к Марсу;  $M_0$  — положение Марса на его орбите в момент вылета межпланетного корабля из точки  $A_1$ ;  $M$  — положение Марса в момент встречи с межпланетным кораблем.

Другой спутник Марса называется Деймос. Он еще меньше Фобоса. Его диаметр — 8 километров. Иначе говоря, Деймос приблизительно равен по объему большой земной горе, вроде Эвереста в Гималаях. Деймос от Марса находится на расстоянии 20 000 километров и обходит полный путь вокруг Марса за 30,5 часа. На этих маленьких небесных телах межпланетный корабль может сделать посадку и произвести наблюдения над поверхностью Марса. Взлет с этих станций для обратного возвращения значительно более легкий, чем с самого Марса, так как скорость освобождения от силы притяжения Марса при взлете с Фобоса, а тем более с Деймоса будет значительно меньшей, чем при взлете с поверхности Марса. Возможно, что первые полеты на Марс и будут ограничиваться посадками на эти спутники. Когда район Марса и его поверхность будут хорошо изучены, тогда будет произведена и посадка на Марс.

В некоторые моменты Марс и Земля находятся на кратчайших расстояниях между собой. Это бывает при про-

тивостоянии Марса и Земли (рис. 5). В этих положениях расстояние между ними равно 54 миллионам километров. Но все равно—для движения хотя и по прямой, но против силы притяжения со стороны Солнца корабль должен затратить значительно больше топлива, чем при описанном выше движении по полуэллипсу.

Тем же методом, каким был рассчитан маршрут на Марс, можно построить и траекторию полета на Венеру. Траектория эта изображена на рис. 6. Необходимая начальная скорость по отношению к Солнцу, с которой начнется далее движение по полуэллипсу под действием притяжения Солнца, равна 27,3 километра в секунду (после освобождения от поля тяготения Земли). Продолжительность полета до встречи с Венерой на ее орбите равна 146 суткам, т. е. меньше, чем при полете на Марс. Путешествия на Марс и Венеру должны начинаться только при определенных их положениях на орбитах.

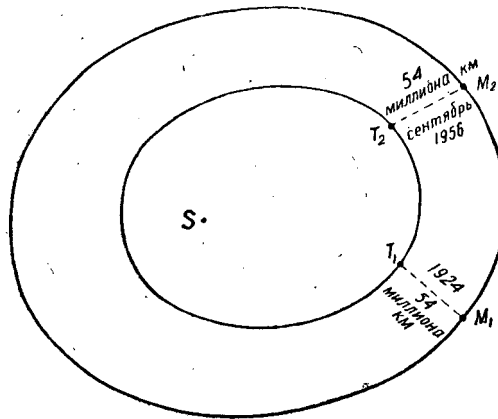


Рис. 5. Схема противостояния Марса и Земли.  
S — Солнце; T — Земля; M — Марс.

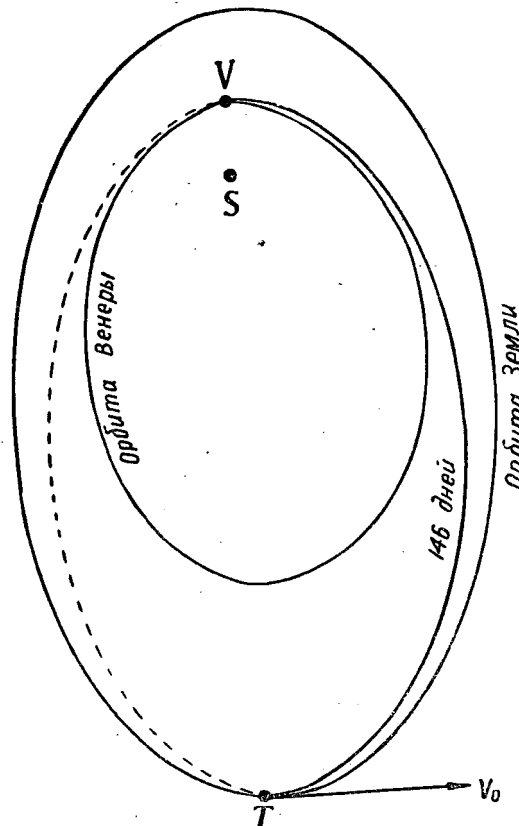


Рис. 6. Траектория полета на Венеру.  
T — Земля; S — Солнце; V — Венера.



После некоторого переживания на Венере корабль сможет отправиться назад на Землю. Все путешествие займет времени меньше, чем путешествие на Марс и обратно.

Продолжительность полета на Меркурий равна 96 суткам, время переживания — 64 суткам, время для обратного движения — 108 суткам, всего 268 суток<sup>1</sup>.

В таблице 5 приведем данные продолжительности предполагаемых путешествий (в один конец).

Таблица 5

Название планеты	Продолжительность путешествия при минимальной начальной скорости (в сутках)
Луна . . . . .	5
Венера . . . . .	146
Меркурий . . . . .	98
Марс . . . . .	258
Юпитер . . . . .	490
Сатурн . . . . .	830

Путешествия на самые отдаленные планеты — Уран, Нептун, Плутон будут измеряться десятками лет; в частности, на Плутон путешествие будет длиться 30—40 лет.

Конечно, все эти маршруты рассчитываются на то, чтобы по существу все движение по космическим траекториям после освобождения от силы тяготения Земли происходило под действием силы притяжения Солнца, без работы двигателя, без затраты запасов энергии, взятых кораблем. Запасенная энергия тратится только на достижение тех скоростей, после которых дальнейшее движение будет происходить по инерции (в условном смысле) по гравитационной траектории; она будет также тратиться на кратковременные пилотажные маневры.

Для космической навигации могут быть использованы некоторые малые планеты (астероиды). Орбиты некоторых астероидов так сильно вытянуты, что отдельные отрезки этих орбит расположены недалеко от орбиты Земли. Например, планета Гермес, как показывают данные таблицы 4, проходит от Земли на расстоянии даже меньшем, чем расстояние от Луны до Земли<sup>2</sup>.

Высадившись на Гермес во время ближайшего его положения к Земле, астронавты смогут совершить без всякой затраты

<sup>1</sup> Более короткие сроки объясняются и более короткими траекториями и более значительным влиянием силы притяжения Солнца.

<sup>2</sup> Некоторые астрономы полагают, что знаменитый Сибирский метеорит 1908 года представлял собой один из подобных небольших астероидов. Кстати говоря, если бы он встретил Землю четырьмя часами раньше, то он упал бы в 80 километрах к северу от Ленинграда.

топлива дальнейшее космическое путешествие. Они обогнут Марс и произведут наблюдения над областью солнечной системы между Марсом и Юпитером. При приближении к Земле путешественники смогут возвратиться на Землю.

Одним из опубликованных проектов полета на Марс является Марс-проект, разработанный В. Брауном.

Вся экспедиция на Марс, согласно проекту В. Брауна, должна протекать следующим образом. Предполагается предварительное создание больших искусственных спутников Земли в виде так называемых «летающих станций». Эти спутники будут двигаться вокруг Земли на расстоянии от нее, равном приблизительно 1700 километрам. Далее, должны быть построены трехступенчатые ракеты-корабли для сообщения между Землей и летающими станциями, так называемые «корабли-носители». Эти корабли должны доставлять с Земли на летающие станции готовые части для сборки ракет-кораблей, которые полетят с круговой траектории вокруг Земли до Марса. Всего предполагается собрать десять таких кораблей дальнего полета с общим экипажем в 70 человек. Три корабля предполагается сделать двухступенчатыми. Эти корабли должны нести на себе меньшие ракеты, так называемые «посадочные лодки», на которых люди, находящиеся на этих кораблях, смогли бы высадиться на Марсе. Остальные корабли останутся на определенных круговых орбитах вокруг Марса на все время ожидания подходящего момента для вылета обратно на Землю по траектории, подобной той, по которой произошло прибытие.

Громоздкость проекта, в частности многоступенчатость, вызывается тем, что автор проекта предполагает применить в космических кораблях обычные химические топлива, дающие скорость истечения только в 2,25 километра в секунду. При такой скорости истечения одноступенчатая ракета потребовала бы слишком большого соотношения масс, и при современном уровне развития техники она не может быть построена.

### **Использование атомной энергии в астронавтике**

Решение проблемы межпланетных полетов возможно только на основе новейших достижений многих отраслей науки и техники.

Если человек овладеет такими источниками энергии, благодаря которым двигатель космического корабля сможет работать большую часть времени космического путешествия, то, конечно, отпадет надобность в вышеразобранных окольных путях. Тогда космические корабли смогут совершать свои рейсы по кратчайшим маршрутам, во время противостояния планет и в более короткие сроки.

Можно надеяться, что в недалеком будущем межпланетные полеты будут производиться при помощи ядерной энергии.

Вполне возможно, что именно ядерная энергия сыграет решающую роль в создании космических ракет, что именно удачно сконструированный ядерный ракетный двигатель сообщит ракете скорость, при которой она сможет не только преодолеть силу притяжения Земли, но и отправиться к любой планете солнечной системы и после посадки на нее, либо облета, вернуться на Землю.

В ракете сила тяги создается за счет реакции отбрасываемого из сопла газа. Для преодоления силы земного притяжения космическая ракета, имеющая определенную начальную массу  $M$ , должна развить скорость примерно 11,2 километра в секунду. Предположим, что масса такой ракеты с двигателем, работающим на химическом топливе, в конце периода ускорения должна уменьшиться до  $1/28$  первоначальной величины. Тогда, если ракета в момент вылета весит 56 тонн, то она должна иметь запас горючего, равный 54 тоннам.

Совершенно очевидно, что только баки для такого количества горючего будут весить более 2 тонн, поэтому постройка такой космической ракеты в настоящее время невозможна.

Значительно более перспективным является использование в двигателе космической ракеты ядерного горючего.

Преимущество атомно-ракетного двигателя будет заключаться в том, что вес запасаемого для него горючего чрезвычайно мал. Ведь в единице веса ядерного горючего содержится примерно в два миллиона раз больше энергии, чем в единице веса любого из известных химических топлив. Но способы использования такого горючего для ракет еще недостаточно исследованы, и применение его для космических полетов требует предварительного разрешения ряда серьезных проблем.

Одной из важнейших проблем является использование тепла, развиваемого реактором. Для этой цели в ракете с ядерным двигателем необходим запас какого-либо вещества, нагревающегося в реакторе. Это позволит увеличить отбрасываемую массу, а следовательно, и коэффициент полезного действия двигателя.

Наиболее подходящим рабочим телом для этой цели является жидкий водород.

В настоящее время имеется несколько вариантов атомных двигателей для космических ракет, но ни один из них нельзя считать окончательно разработанным и проверенным.

Мы познакоим читателей с некоторыми из них.

Одним из вариантов атомных двигателей, где сравнительно удачно решена проблема передачи тепла, выделяющегося в реакторе, является двигатель, реактор которого состоит из

конических трубок с пористыми стенками толщиной 3—4 миллиметра. Трубки сделаны из смеси обогащенного урана и углерода. Водород под давлением проходит в трубки через их пористые стенки и нагревается до нескольких тысяч градусов. Регулирование температуры производится с помощью стержня из пористого кадмия, который охлаждается током водорода. Нагретый в реакторе газ выбрасывается через сопло ракеты.

Ядерный двигатель такой ракеты по расчетам, возможно, будет иметь длину около 2,5 метра при диаметре 5 метров. В нем должно содержаться 33 тонны обогащенного урана. По предположению конструкторов, общий начальный вес ракеты должен составлять примерно 1600 тонн, в том числе 1250 тонн водорода. Максимальная скорость ракеты уже после того, как двигатель проработает примерно 6 минут, превысит 8 километров в секунду.

Имеется проект так называемой «псевдоракеты». В двигателе такой ракеты предполагается использовать непосредственно выброс из сопла ракеты газов, образующихся при цепных реакциях на атомном горючем.

Так как теоретическая скорость истечения газов может достигнуть 12 километров в секунду, то казалось бы, что ракета с таким двигателем могла бы летать в пределах солнечной системы. В действительности дело обстоит сложнее и такая ракета едва ли может быть построена и использована для космических полетов.

На пути к созданию такой ракеты находится много препятствий: отсутствие соответствующих жаропрочных сплавов, затруднение в создании направленного истечения продуктов ядерных реакций и другие.

Одним из наиболее возможных вариантов атомно-ракетного двигателя является двигатель, имеющий специальную камеру, стенки которой хорошо отражают нейтроны и хорошо охлаждаются. В эту камеру подается обогащенное ядерное горючее и рабочее вещество, и в ней происходит цепная реакция.

Для двигателя такой конструкции не нужны сверхскоростные реакторы с большими поверхностями теплообмена. При условии получения в камере температуры газа 4—5 тысяч градусов скорость его истечения может достигнуть 8—9 километров в секунду.

При соответствующем соотношении масс можно будет достигнуть «скоростей отрыва».

Для того чтобы предохранить людей, находящихся в ракете, от действия опасных излучений из реактора, атомный двигатель необходимо изолировать от кабины для экипажа.

Для этой цели можно использовать топливные баки, элементы конструкции, а также устанавливать специальные защитные экраны.

Представляется целесообразным в многоступенчатых ракетах делать промежуточную атомную ступень, причем она должна находиться сравнительно далеко от кабины экипажа.

— На рис. 7 показана схема многоступенчатой космической ракеты, в которой атомный двигатель находится на третьей ступени. После отделения от ракеты двух первых ступеней ракета будет находиться

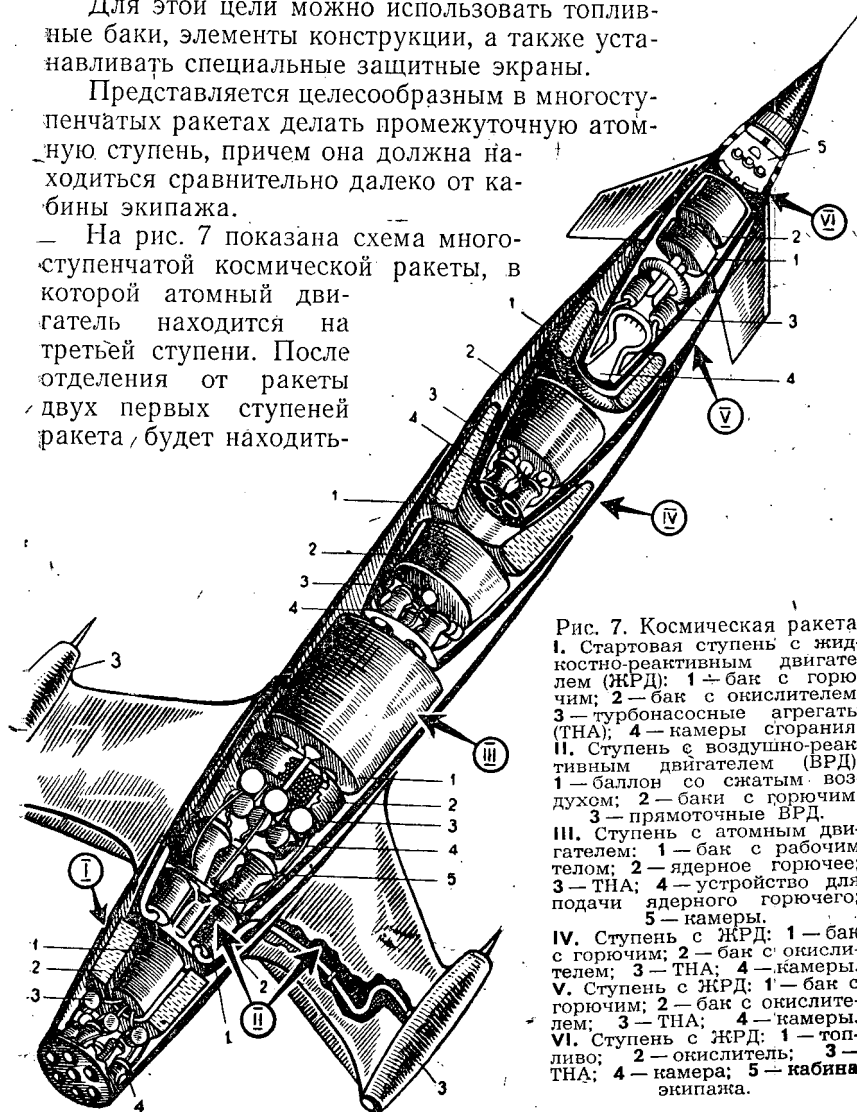


Рис. 7. Космическая ракета.  
 I. Стартовая ступень с жидкостно-реактивным двигателем (ЖРД): 1 — бак с горючим; 2 — бак с окислителем; 3 — турбонасосные агрегаты (ТНА); 4 — камеры сгорания.  
 II. Ступень с воздушно-реактивным двигателем (ВРД): 1 — баллон со сжатым воздухом; 2 — баки с горючим; 3 — прямоточные ВРД.  
 III. Ступень с атомным двигателем: 1 — бак с рабочим телом; 2 — ядерное горючее; 3 — ТНА; 4 — устройство для подачи ядерного горючего; 5 — камеры.  
 IV. Ступень с ЖРД: 1 — бак с горючим; 2 — бак с окислителем; 3 — ТНА; 4 — камеры.  
 V. Ступень с ЖРД: 1 — бак с горючим; 2 — бак с окислителем; 3 — ТНА; 4 — камеры.  
 VI. Ступень с ЖРД: 1 — топливо; 2 — окислитель; 3 — ТНА; 4 — камера; 5 — кабина экипажа.

ся на большой высоте и отбрасываемые от атомного двигателя газы будут неопасны.

### Искусственный спутник Земли

Завоевание человеком межпланетного пространства осуществится не сразу, а постепенно, по отдельным этапам. Первым шагом явится создание искусственного спутника Земли, и то,

на первых порах, весьма небольших размеров (около метра в поперечнике).

Подсчитано, что от многоступенчатой ракеты, весящей вместе с топливом 16 000 килограммов при старте, в дальнейшем сможет отделиться последняя ступень — ракета весом в 50 килограммов. Эта ракета и будет первым искусственным спутником. В такой ракете уже можно установить некоторые приборы весом в общей сложности до 10 килограммов. Эти приборы смогут производить различные физические и астрономические наблюдения.

Искусственный спутник Земли может быть использован для самых различных целей; он окажет большую помощь развитию таких наук как астрономия и астрофизика, ядерная физика, биология, метеорология, высшая геодезия.

В некоторых случаях искусственный спутник может непосредственно служить потребностям людей, связанным с различными областями современной техники. В частности, на нем могут быть установлены промежуточные трансляционные станции, благодаря которым будет значительно расширена радиотелесвязь между континентами Земли.

В астрономии искусственный спутник Земли может быть использован для производства таких наблюдений, которые не могут быть произведены непосредственно с поверхности земного шара. Земная атмосфера сильно влияет на результаты астрономических наблюдений. Даже при самых благоприятных атмосферных условиях, при отсутствии какой бы то ни было облачности, современные обсерватории не могут получать таких результатов наблюдений, которые могли бы быть получены, если бы инструменты для наблюдения за небесными светилами установить на искусственном спутнике Земли. Это объясняется тем, что некоторые ультракороткие излучения от Солнца и звезд полностью поглощаются атмосферой и не доходят до наших астрономических приборов. Очевидно, что изучить такие излучения мы сможем только в том случае, когда приборы будут установлены за пределами земной атмосферы. При помощи даже небольших установок для астрономических наблюдений, помещенных на искусственном спутнике Земли, можно получить результаты, недостижимые для земных лабораторий.

Все сказанное полностью может относиться и к областям физики, изучающим космические излучения. Изучение космических излучений важно не только для астрофизики, исследующей строение звезд и различные процессы, происходящие во Вселенной, но и для науки о строении вещества вообще, для ядерной физики. Методы же ядерной физики начинают глубоко проникать в нашу мирную жизнь. Эти методы уже с успехом применяются в самых разнообразных областях деятельности людей: в медицине, в биологии, в сельском хозяйстве, в машиностроении и т. д. Вот почему важно изучить атомную

энергию в виде космических лучей непосредственно в мировом пространстве.

Создание искусственных спутников является вопросом нескольких лет, так как при современном уровне развития ракетной техники уже можно приступить к их конструированию. Далее, размеры искусственных спутников и их расстояние от Земли будут увеличиваться и, наконец, путем соединения от-

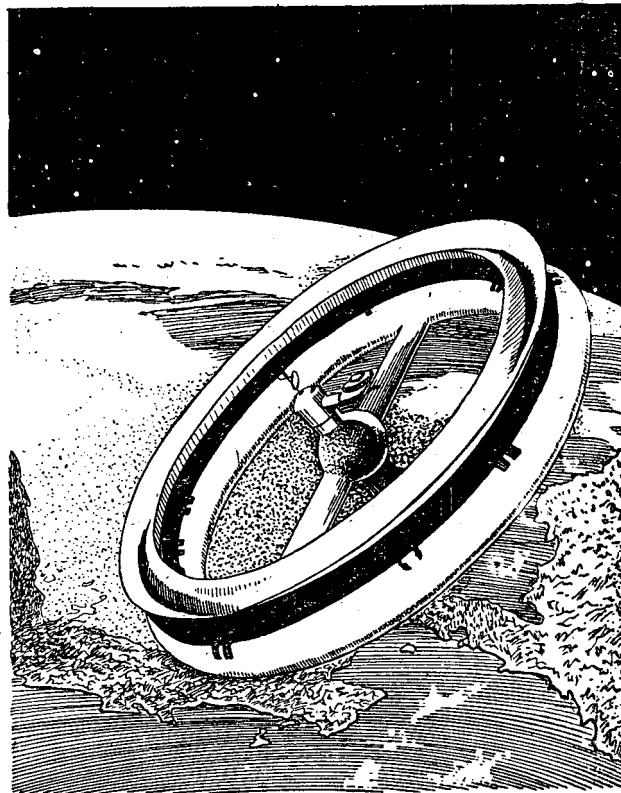


Рис. 8. Общий вид искусственного спутника, вращающегося вокруг Земли на высоте 1730 километров. Диаметр спутника — 76 метров. Полный период обращения — 2 часа.

дельных спутников будут построены большие летающие станции, на которых начнется сборка первых ракет для полета на Луну (рис. 8).

С развитием ядерной энергетики можно ожидать, что корабли для полетов на другие планеты будут собираться непосредственно на Земле.

### Условия для осуществления межпланетных полетов

Главным условием для осуществления межпланетных сообщений является создание космического корабля.

Но, помимо этого, человеку предстоит решить еще ряд серьезных вопросов, сильно затрудняющих решение всей проблемы космического полета. К таким вопросам относятся обеспечение безопасности космического корабля, обеспечение жизни и существования человека в пути и во время пребывания его на различных планетах и, наконец, создание навигационного оборудования для космического корабля.

Говоря о возможных авариях космического корабля, следует подразумевать не те аварии, которые могут произойти с двигателем или другими частями корабля. Речь идет об авариях, которые могут произойти при встрече с метеорами, находящимися в межпланетном пространстве. Подавляющее большинство метеоров, как уже говорилось, имеет ничтожную массу, но они движутся с огромными скоростями, достигающими до 50—60 километров в секунду. При такой огромной скорости эти частицы, несмотря на ничтожность своей массы, будут иметь высокую энергию движения. Действительно, положим, что масса метеора равна всего одной десятой грамма и движется он со скоростью в 60 километров в секунду. Тогда его энергия движения, для подсчета которой следует умножить массу на квадрат скорости и разделить пополам (переведя все в технические единицы), будет равна 1800 килограммометрам, т. е. метеор будет обладать такой энергией, которой обладает гиря в 18 килограммов, упавшая с высоты в 100 метров. Но вся эта энергия будет сосредоточена в одной точке корпуса корабля. От удара такой частицы о корпус корабля в точке соударения возникнет температура, при которой может расплавиться оболочка и произойдет пробой корпуса корабля. Несмотря на кажущуюся незначительность точечного пробоя, он может иметь серьезные последствия.

Необходима большая исследовательская работа для изыскания таких металлов или поглощающих обшивок, которые могли бы противостоять подобным ударам метеоров. Кроме метеоров, могут попадаться и более крупные метеорные тела, весом от килограмма и больше. Их, правда, значительно меньше, чем метеоров. Если в земную атмосферу ежедневно попадает до 24 миллионов мелких метеоров (мы их часто видим в виде падающих звезд), то метеорных тел весом свыше 50 граммов выпадает не более пяти-шести в сутки на всю поверхность Земли. Таким образом, встреча с крупным метеорным телом для космического корабля мало вероятна. Все же для предотвращения такой встречи космический корабль должен иметь радиолокационные устройства, благодаря которым при приближении метеорного тела будет автоматически изменяться курс



корабля. Известный ученый в области астронавтики Оберт полагает, что встреча космического корабля с крупным метеоритом возможна раз в 5 000 лет, считая, что все это время корабль находится в плавании по различным направлениям внутри орбиты Марса.

Еще более серьезную проблему для осуществления космического полета представляет собой вопрос обеспечения жизни человека в условиях межпланетных пространств. Вся эта проблема распадается на ряд отдельных задач, каждая из которых требует специальных подходов для своего разрешения. В первую очередь, возникает необходимость обеспечить человека кислородом. Для этой цели помещения для людей будут герметизированы, а кислород станет подаваться под давлением. Космический корабль должен иметь запас жидкого кислорода и соответствующие приборы. Килограмма жидкого кислорода в день на человека вполне достаточно. Далее, можно организовать регенерацию воздуха при помощи различных средств.

Организм человека может переносить ускорения только в известных пределах. Отсюда возникает необходимость регулировать процесс изменения скоростей космического корабля.

Известно из механики следующее положение: положим, что имеется некоторый сосуд, внутри которого помещены другие материальные тела, жидкие или твердые, которые могут двигаться внутри сосуда. Если к этому сосуду приложить силу и сообщить ему ускорение по некоторому направлению, то все тела внутри сосуда получат такое же ускорение относительно стенок сосуда, но в обратную сторону и будут прижиматься к стенкам сосуда. Каждый читатель это сможет проверить на себе, находясь в скоростном лифте. В начале движения лифта, когда он получает ускорение, можно ощущать отлив крови от головы к ногам. Человек может перенести ускорение только ограниченной величины. Это ускорение не должно, вообще говоря, превышать пятикратного ускорения силы тяжести, и только на очень короткий промежуток времени оно может доходить до десятикратного.

Наконец, неясен вопрос о возможности существования живого земного организма в условиях отсутствия веса. Процесс длительной эволюции человеческого организма выработал такие рефлексы в ряде наших органов, которые нарушаются при отсутствии влияния силы тяжести. Это, например, относится к участку мозга, управляющему равновесием.

В обеспечении равновесия тела очень важную роль играет вестибулярный аппарат, который функционирует нормально при земных условиях жизни. При наличии же невесомости весь этот аппарат перестанет нормально функционировать и сохранение баланса сделается затруднительным. Все читавшие произведения Жюль-Верна знают, к каким сюрпризам приводит состояние невесомости пассажиров космического корабля. Тело

человека будет оказываться в самых невероятных положениях, и, повидимому, потребуются немалые усилия для приспособления человека к таким необычным условиям.

Возникают и такие вопросы: как будут происходить процессы питания и выделения? Как отразится уменьшение мышечной работы всего организма на его общем балансе?

Эти вопросы тоже подлежат изучению.

Наконец, еще не ясно, как будет переносить человек влияние различных космических излучений.

В верхних слоях атмосферы и за ее пределами космический корабль будет подвергаться облучению продуктами радиации как со стороны Солнца, так и из глубин звездного пространства. До Земли доходит только незначительная часть этих продуктов — большая часть их поглощается атмосферой.

От Солнца идут ультрафиолетовые лучи, электромагнитные излучения в виде, например, рентгеновых лучей различной жесткости; могут встретиться и электроны.

Из мирового же пространства внутрь солнечной системы проникают космические лучи, состоящие из различных элементарных частиц материи, мезонов различных типов, свидетельствующих о каких-то процессах и превращениях материи, заполняющей Вселенную. Известное количество этих космических частиц доходит и до Земли. Имеются специальные приборы — счетчики частиц, обнаруживающие те космические частицы, которые доходят до Земли. Какова будет интенсивность всех упомянутых излучений за пределами атмосферы и как она будет переноситься организмом человека, каковы должны быть защитные средства, — пока все это остается невыясненным.

Но здесь на помощь придет опыт, полученный при работе с различными ядерными реакторами. Уже выяснено, какие дозы излучений допускаются техникой безопасности в ядерной технологии, изучены защитные средства и т. д. Все это может быть использовано и при организации межпланетных сообщений.

Вопросы, связанные с приборами, обеспечивающими ориентацию космического корабля в пространстве и управление его движением, повидимому, не представляют серьезных затруднений. На это позволяют надеяться поразительные достижения современного приборостроения и радиотелеуправления.

Бесспорно, что человек на протяжении ближайших 50—100 лет завоеует в той или иной мере мировое пространство.

Вполне возможно, что СССР — родина радио, авиации и, по существу, родина теоретической астронавтики — будет впереди и в области завоевания межпланетных пространств.

**ЛИТЕРАТУРА**

- К. Э. Циолковский. Собрание сочинений. Том 2. Изд-во Академии наук СССР. 1954.
- М. В. Васильев. Путешествие в космос. Культпросветиздат. 1955.
- А. Г. Карпенко. Проблемы космических полетов. Изд-во «Знание». 1955.
- И. А. Меркулов. Космические ракеты. Изд-во «Знание». 1955.
- Р. Г. Перельман. Атомные двигатели. Журнал «Наука и жизнь» № 1 за 1956 год.
- Ю. С. Хлебцевич. Радиотелеуправление космическими ракетами. Изд-во «Знание». 1955.
- А. А. Штернфельд. Межпланетные полеты. ГТИ. 1955.

60 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫМ ИЗДАТЕЛЬСТВОМ  
ПОЛИТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
ПОДГОТОВЛЕНЫ К ПЕЧАТИ И ПЕЧАТАЮТСЯ  
СЛЕДУЮЩИЕ КНИГИ ПО ОПЫТУ  
ПАРТИЙНОЙ РАБОТЫ.

ЛИСОВИН. Библиотека горкома партии. 4 п. л.

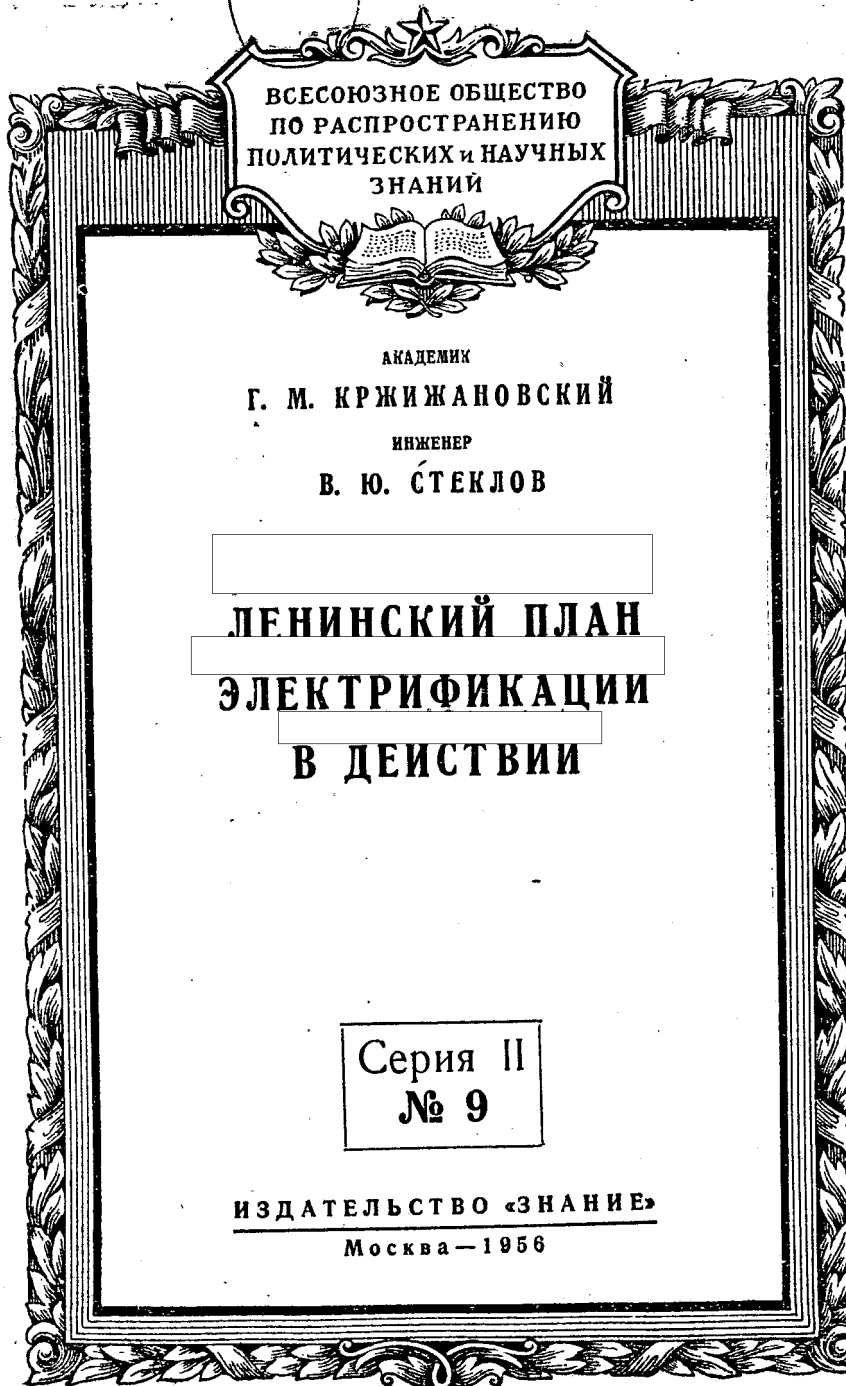
ПОМЕЛОВ. Нерушимое единение партии и народа. 4 п. л.

ЦИЛЬШТЕЙН. Заметки о партийной работе в школе.  
4 п. л.

ЯКОВЛЕВ. Цеховая парторганизация. 4 п. л.

Требуйте книги Госполитиздата по опыту партийной ра-  
боты в магазинах и киосках книготорга.

ГЛАВКНИГОТОРГ  
МИНИСТЕРСТВА КУЛЬТУРЫ СССР



ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ  
ПОЛИТИЧЕСКИХ и НАУЧНЫХ  
ЗНАНИЙ

АКАДЕМИК  
Г. М. КРЖИЖАНОВСКИЙ  
ИНЖЕНЕР  
В. Ю. СТЕКЛОВ

ЛЕНИНСКИЙ ПЛАН  
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ  
В ДЕЙСТВИИ

Серия II  
№ 9

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»  
Москва — 1956

25X1

25X1

25X1

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

---

Академик  
Г. М. КРЖИЖАНОВСКИЙ  
Инженер  
В. Ю. СТЕКЛОВ

ЛЕНИНСКИЙ ПЛАН  
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ  
В ДЕЙСТВИИ

---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва



1956

★ К ЧИТАТЕЛЯМ ★

Издательство «Знание» Всесоюзного общества  
по распространению политических и научных  
знаний просит присылать отзывы об этой брошюре  
по адресу: Москва, Новая площадь, д. 3/4.

★

Авторы

Глеб Максимилианович Кржижановский,  
Владимир Юрьевич Стеклов.

Редактор Е. А. Курина.  
Техн. редактор П. Г. Ислентьева.  
Корректор Г. М. Бауэр.

А 05154. Подписано к печ. 4/V 1956 г. Тираж 145 000 экз. Изд. № 47.  
Бумага 60 × 92<sup>1</sup>/<sub>16</sub> — 1,5 п. л. = 3 п. л. Учетно-изд. 3,08 л. Заказ № 1371.

3-я типография «Красный пролетарий» Главполиграфпрома  
Министерства культуры СССР. Москва, Краснопролетарская, 16.

*«Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны».* Этот исторический лозунг великого основоположника нашего государства Владимира Ильича Ленина определял пути нашего хозяйственного развития во все годы социалистического строительства. И в дни, когда перед советским народом открылись грандиозные перспективы шестого пятилетнего плана, наши мысли невольно обращаются к тому, кто первым выдвинул задачу всеобъемлющей электрификации советского народного хозяйства, кто был инициатором составления первого единого народнохозяйственного плана — плана электрификации всей страны.

Величественная программа электрификации, намеченная XX съездом нашей партии на шестую пятилетку, является дальнейшим развитием ленинских идей электрификации страны, воплощенных в знаменитом плане ГОЭЛРО. Немногим больше 35 лет отделяют нас от того времени, когда по предложению В. И. Ленина VIII Всероссийский съезд Советов принял в декабре 1920 года план электрификации России — эту «вторую программу партии», как называл В. И. Ленин план ГОЭЛРО.

План ГОЭЛРО был первым перспективным планом развития народного хозяйства нашей страны на основе электрификации, планом перевода Советской России на новую материально-техническую базу крупной машинной индустрии. Создание такой базы являлось жизненно насущной задачей, так как построить социалистическое общество на той отсталой технико-экономической базе, которую мы унаследовали от дореволюционной России, было невозможно.

Победа Великой Октябрьской социалистической революции в России сделала нашу страну самой передовой в мире по политическому строю. Однако по экономическому развитию она еще далеко отставала от передовых капиталистических стран. В России не существовало производства ряда важнейших машин, станков, химических продуктов, алюминия, важнейшего оборудования. По производству черных и цветных металлов, добыче угля и нефти, по выработке электрической энергии Россия занимала одно из последних мест в Европе. За годы империалистической и гражданской войн и без того отсталое хозяйство России пришло в окончательный упадок.



«Победу социализма над капитализмом, упрочение социализма можно считать обеспеченными лишь тогда, когда пролетарская государственная власть, окончательно подавив всякое сопротивление эксплуататоров и обеспечив себе совершенную устойчивость и полное подчинение, реорганизует всю промышленность на началах крупного коллективного производства и новейшей (на электрификации всего хозяйства основанной) технической базы»<sup>1</sup>.

В. И. Ленин неоднократно указывал, что основой современной крупной машинной промышленности служит только электрификация. Передовая техника неразрывно связана с широким внедрением электричества. Уже в ранних работах В. И. Ленина можно видеть, с каким вниманием он рассматривал вопросы применения электрической энергии для различных хозяйственных нужд, чрезвычайно высоко оценивая перспективы внедрения электричества в хозяйство.

В труде «Развитие капитализма в России», написанном в 90-х годах прошлого века, В. И. Ленин останавливался на вопросе применения электрической энергии для нужд сельского хозяйства. В 1899 году в работе «Капитализм в сельском хозяйстве» он вновь писал о применении электричества в сельском хозяйстве, подчеркивая, что электричеству суждено сыграть более крупную роль в этой области производства, чем пару. Отмечая в работе «Аграрный вопрос и «критики Маркса» важнейшие достоинства и преимущества электрической энергии перед другими видами энергии, применявшимися ранее в производстве, В. И. Ленин писал:

«Электрическая энергия дешевле паровой силы, она отличается большей делимостью, ее гораздо легче передавать на очень большие расстояния, ход машин при этом правильнее и спокойнее,— она гораздо удобнее поэтому применяется и к молотбе, и к паханию, и к доению, и к резке корма скоту и проч.»<sup>2</sup>.

С пристальным вниманием изучал В. И. Ленин тенденции развития передовой современной техники, следил за внедрением электрической энергии в промышленность, транспорт, сельское и коммунальное хозяйство и пришел к мысли о том, что электрификация народного хозяйства в условиях социализма не только произведет революцию во всех отраслях техники и хозяйства, но и значительно облегчит труд человека. В статье «Одна из великих побед техники», написанной в 1913 году в связи с опытами английского химика Рамсея по подземной газификации угля, Ленин отмечал:

«При социализме применение способа Рамсея, «освобождающая» труд миллионов горнорабочих и т. д., позволит сразу со-

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Соч., т. 31, стр. 138.

<sup>2</sup> В. И. Ленин. Соч., т. 5, стр. 126.

кратить для всех рабочих день с 8 часов, к примеру, до 7, а то и меньше. «Электрификация» всех фабрик и железных дорог сделает условия труда более гигиеничными, избавит миллионы рабочих от дыма, пыли и грязи, ускорит превращение грязных отвратительных мастерских в чистые, светлые, достойные человека лаборатории. Электрическое освещение и электрическое отопление каждого дома избавят миллионы «домашних рабынь» от необходимости убивать три четверти жизни в смрадной кухне»<sup>1</sup>.

Наряду с изучением практических путей внедрения электричества в современную технику В. И. Ленин уделял большое внимание теоретическим проблемам физики, связанным с электричеством.

Таким образом, идеи Ленина об электрификации как основе материально-технической базы социализма возникли и развились в результате научного, марксистского исследования общего развития производительных сил, в органической связи с глубоким изучением идей современной физики в области электричества. И совершенно естественно, что когда перед молодым Советским государством во всей широте встали задачи нового хозяйственного строительства, взгляд Ленина устремился в сторону электрификации.

Уже в апреле 1918 года, всего лишь через несколько месяцев после победы Октябрьской революции, Ленин в наброске плана работ Академии наук предлагает создать ряд комиссий для «возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема России». Ленин подчеркивал, что при составлении этого плана необходимо обратить особое внимание «на электрификацию промышленности и транспорта и применение электричества к земледелию».

Замысел Ленина о составлении плана электрификации был развит и претворен в жизнь в 1920 году, когда в результате героических военных побед советского народа положение пролетарского государства упрочилось и появилась возможность заняться хозяйственным строительством. Гений Ленина, его негибкая воля были направлены не только на преодоление трудностей, рожденных переживаемым тогда периодом. Острый взор Ильича, раздвинув завесу времени, проникал на десятилетия вперед, определяя далекие перспективы подведения под нашу передовую государственную надстройку столь же передовой материально-технической базы.

Ленин очень интересовался проблемой использования торфа, видя в нем реальную базу для развертывания электрификации и выход из тяжелого топливного кризиса, который переживала страна. После одной из бесед с Г. М. Кржижановским, в кото-

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Соч., т. 19, стр. 42.

рой затрагивался вопрос о торфе, Владимир Ильич 26 декабря 1919 года написал следующее письмо:

«Глеб Максимилианч!

Меня очень заинтересовало Ваше сообщение о торфе.

Не напишете ли статьи об этом в «Экономическую Жизнь» (и затем брошюрой или в журнал)?..

...Вот-де база для электрификации *во столько-то раз* при **теперешних** электрических станциях.

Вот *быстрейшая и вернейшая*, де, база восстановления промышленности; —

— организации труда по-социалистическому (земледелие + промышленность);

— выхода из топливного кризиса (освободим *столько-то* миллионов кубов леса на транспорт).

Дайте *итоги* Вашего доклада; — приложите карту торфа; — краткие расчеты суммарные. Возможность построить торфяные машины быстро и т. д. и т. д. Краткая суть экономической программы.

Необходимо *тотчас* двинуть вопрос в печать.

Ваш Ленин»<sup>1</sup>.

Указание Владимира Ильича не заставило себя долго ждать; и статья о торфе появилась в печати. Через некоторое время была написана и вторая статья, в которой рассматривались вопросы электрификации промышленности. Эта статья нашла живейший отклик у Владимира Ильича. 23 января 1920 года он написал письмо, ставшее поистине историческим, так как оно предопределило на многие десятилетия пути нашего хозяйственного строительства. Приводим это письмо:

«Гл. М.!

Статью получил и прочел.

Великолепно.

Нужен *ряд* таких. Тогда пустим брошюрой. У нас не хватает как раз спецов с размахом или «с загадом».

Надо 1) примечания *пока* убрать или сократить. Их слишком много для газеты (с редактором буду говорить завтра).

2) Нельзя ли добавить *план* не технический (это, конечно, дело *многих* и не скоропалительное), а политический или государственный, т. е. задание пролетариату?

Примерно: в 10 (5?) лет построим 20—30 (30—50?) станций, чтобы всю страну усеять центрами на 400 (или 200, если не осилим больше) верст радиуса; на торфе, на воде, на сланце, на угле, на нефти (*примерно* перебрать Россию всю, с *грубым* приближением). Начнём

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Соч., т. 35, стр. 366.

де сейчас закупку необходимых машин и моделей. Через 10 (20?) лет сделаем Россию «электрической».

Я думаю, подобный «план» — повторяю, не технический, а государственный — проект плана, Вы бы могли дать.

Его надо дать сейчас, чтобы наглядно, популярно, для массы увлечь ясной и яркой (вполне *научной* в основе) перспективой: за работу-де, и в 10—20 лет мы Россию всю, и промышленную и земледельческую, сделаем *электрической*. Доработаемся до *стольких-то* (тысяч или миллионов лошадиных сил или киловатт?? черт его знает) машинных рабов и проч.

Если бы еще *примерную* карту России с центрами и кругами? или этого еще нельзя?

Повторяю, надо увлечь *массу* рабочих и сознательных крестьян *великой* программой на 10—20 лет.

Поговорим по телефону.

Ваш Ленин»<sup>1</sup>.

Это поистине гениальное письмо Ленина в конспективной форме уже определяло основные принципиальные вехи плана хозяйственного переустройства Советской России на основе электрификации. Величие ленинской идеи создания плана электрификации, рассчитанного на 10—15 лет, становится особенно ясным, если представить себе то тяжелое хозяйственное положение, в котором тогда находилось молодое Советское государство.

Четырехлетняя империалистическая, трехлетняя гражданская войны и война с интервентами привели народное хозяйство в состояние глубокой разрухи. Отрезанная в ходе войн от нефтяных бассейнов Баку и Грозного, от угольного Донбасса промышленность испытывала острую нехватку топлива. Заводы и фабрики останавливались из-за отсутствия топлива, сырья и полуфабрикатов. Промышленный и топливный кризис дополнялся разрухой на транспорте: больше половины паровозов вышло из строя, поезда двигались без расписания. В промышленности и на транспорте до минимума сократились рабочие кадры. По железным дорогам, в селах и городах свирепствовал тиф.

И в то время, когда враги измеряли жизнь Советской республики неделями и месяцами, Ленин с поразительной смелостью и гениальным предвидением выдвинул задачу составления величественного плана полной технической перестройки народного хозяйства страны на базе электрификации. В начале февраля 1920 года Ленин выступил на сессии Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета, который по его ини-

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Соч., т. 35, стр. 370.

циативе принял историческую резолюцию об электрификации России. В этой резолюции говорилось:

«Принимая во внимание первенствующее значение электрификации в деле использования основных природных запасов энергии, имеющихся в пределах Советской России в колоссальных количествах в виде залежей разнообразного топлива и в водных силах; учитывая всю выгодность сосредоточения производства силовой энергии в районных электрических станциях, стоящих у этих первоисточников природной энергии и могущих наиболее совершенным образом распределить таковую сетью электропередач по всей стране; оценивая значение электрификации для промышленности, земледелия, транспорта и удовлетворения культурных нужд населения...»<sup>1</sup>,— ВЦИК поручил Высшему Совету Народного Хозяйства совместно с Наркомземом разработать план электрификации страны.

Президиум ВСНХ своим решением 21 февраля 1920 года образовал под председательством Г. М. Кржижановского Электрификационную комиссию в составе крупнейших русских ученых и техников, работавших в области электрификации, наиболее ярких представителей русской школы энергетиков. Условия того времени требовали напряженной и ускоренной работы комиссии. Уже 24 февраля 1920 года Совет рабоче-крестьянской обороны за подписью В. И. Ленина утвердил положение о Государственной комиссии по электрификации России (ГОЭЛРО).

Среди членов ГОЭЛРО были крупнейшие гидротехники: Г. О. Графтио, в будущем автор проектов Волховской и Свирской электростанций, И. Г. Александров, в будущем автор проекта Днепровской гидроэлектростанции, известные русские электротехники профессора Б. И. Угримов, К. А. Круг, А. А. Горев, М. А. Шателен и Е. Я. Шульгин, энергетики А. В. Винтер и Б. Е. Веденеев и многие другие, чьи имена неразрывно связаны с электрификацией Советского Союза. Свыше 200 виднейших деятелей науки и техники были привлечены к работе по составлению плана электрификации страны.

Комиссия работала с исключительным напряжением; ей предстояло наметить общие пути и принципы нашего хозяйственного строительства, конкретные планы развития отдельных отраслей народного хозяйства, разработать программу электростроительства, разрешить вопросы нового районирования страны. Все ранее разработанные проекты, творческие замыслы и идеи техников и аграрников, лежавшие втуне в годы царизма, были тщательно обсуждены на заседаниях Комиссии ГОЭЛРО, и наиболее рациональные из них были отобраны и включены в план электрификации.

В маленьком московском домике на Мясницкой улице (ныне улице Кирова), в полухолодных и плохо освещенных комнатах

<sup>1</sup> План электрификации РСФСР, второе издание, Госполитиздат, 1955, стр. 31.

шли горячие споры о далеком будущем нашей страны. Работников ГОЭЛРО согревало непрестанное внимание вождя мирового пролетариата Ленина, который был самым энергичным и последовательным пропагандистом плана электрификации. В ряде своих выступлений в 1920 году (на III Всероссийском съезде комсомола, на Московской губернской партийной конференции и других) В. И. Ленин подчеркивал решающее значение электрификации для победы социализма и необходимость разработки научного плана ее проведения в нашей стране.

Несмотря на огромную загруженность работой, В. И. Ленин находил время для того, чтобы лично принимать председателя Комиссии ГОЭЛРО, знакомиться с докладами членов комиссии по электрификации отдельных районов и со свойственной ему отзывчивостью заботиться об обеспечении работников ГОЭЛРО продовольственными пайками. Ленин был и первым читателем плана ГОЭЛРО. Владимир Ильич потребовал, чтобы один экземпляр корректуры шел прямо к нему. Работа Комиссии ГОЭЛРО проходила в условиях острой междуведомственной борьбы, непрестанных наскоков разномастных противников электрификации. И возможно, если бы не было постоянного и деятельного вмешательства Владимира Ильича, замыслы Комиссии ГОЭЛРО не облеклись бы в форму конкретного плана электрификации.

При твердой поддержке Ленина Комиссии ГОЭЛРО удалось в девятимесячный срок проделать исключительную по размаху коллективную работу и подготовить к VIII съезду Советов «План электрификации РСФСР», представляющий собой объемистый том в 650 страниц. В основу этого плана были положены разработанные В. И. Лениным принципы электрификации страны. Эти же принципы, непрерывно обогащаясь накапливаемым опытом социалистического строительства, новейшими достижениями науки и техники, составили и составляют основу наших пятилетних планов. Сущность этих ленинских принципов заключается в следующем:

1. Обеспечение преимущественного роста тяжелой индустрии — основы развития всего народного хозяйства и укрепления обороноспособности страны.
2. Техническое перевооружение всех отраслей народного хозяйства на базе использования электрической энергии. Быстрый рост производительности труда на основе электрификации всех производственных процессов и коренных улучшений условий труда.
3. Достижение опережающих темпов роста электроэнергетического хозяйства по сравнению с темпами роста промышленного производства как средства наиболее полного удовлетворения потребностей народного хозяйства в электроэнергии и создания резервов энергетических мощностей.
4. Строительство крупных современных электрических стан-

ций, которые обеспечивали бы энергоснабжение целых районов. Сосредоточение производства электрической энергии на этих мощных установках. «...Создать 30 крупнейших районов электрических станций, которые дали бы возможность перевести всю промышленность на современные основания»<sup>1</sup>.

5. Широкое использование на мощных электрических станциях местных топливных ресурсов для того, чтобы обслуживаемые районы не зависели от дальнепривозного высококачественного топлива и чтобы создать энергетическую базу для развития хозяйства в районах, не имеющих своего высококачественного топлива. «Использование непервоклассных сортов топлива (торф, уголь худших сортов) для получения электрической энергии с наименьшими затратами на добычу и перевоз горючего»<sup>2</sup>.

6. Широкое использование водных ресурсов путем строительства мощных гидроэлектрических станций. Создание электроэнергетической базы на основе использования водной энергии в районах, бедных топливом. Строительство гидросооружений в целях комплексного использования гидроресурсов для нужд энергетики, транспорта и ирригации.

7. Строительство высоковольтных линий электропередач и объединение высоковольтными сетями мощных электростанций для их параллельной работы. Создание энергетических систем — высоковольтных колец, объединяющих энергетическое хозяйство целого района и нескольких районов между собой, а затем создание на основе этих межрайонных систем единой электроэнергетической системы всей страны.

8. Рациональное размещение электроэнергетического хозяйства как мощного фактора равномерного размещения производительных сил по территории всей страны. Наряду с укреплением электроэнергетической базы старых промышленных районов сооружение электростанций на окраинах страны, в ранее отсталых национальных районах, создание новых промышленных центров.

Таковы были краеугольные принципы социалистической электрификации, положенные в основу плана ГОЭЛРО.

План ГОЭЛРО открывался вводной статьей «Электрификация и план государственного хозяйства», в которой в соответствии с ленинскими принципами развивалась программа плановой электрификации страны и подробно рассматривалось значение электрификации в условиях социалистического строительства. Был сформулирован основной замысел плана электрификации: «Выравнить фронт нашей экономики в уровень с достижениями нашего политического уклада».

Далее шли следующие разделы первой части сводного

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Соч., т. 31, стр. 392.

<sup>2</sup> В. И. Ленин. Соч., т. 27, стр. 288—289.

плана: «Электрификация и топливоснабжение», «Электрификация и водная энергия», «Электрификация и сельское хозяйство», «Электрификация и транспорт», «Электрификация и промышленность» и т. д. В этих разделах детально рассматривалось преобразующее воздействие электрификации на технику и экономику различных отраслей народного хозяйства, намечались конкретные планы их развития на базе электрификации. В разделе «Электрификация и водная энергия», сопровождавшемся «Кратким списком источников водной энергии Российской Республики», специально рассматривались гидроэнергетические ресурсы страны и возможности строительства крупных гидроэлектрических станций.

Приложенная к первой части плана «Пояснительная записка к схематической карте электрификации России» кратко обосновывала программу электрификации страны. Во второй части плана ГОЭЛРО представлены проекты электрификации отдельных районов, разработанные группами специалистов по заданиям Комиссии ГОЭЛРО. Наконец, к плану была приложена карта электрификации России с нанесенными на нее запроектированными станциями, сферами распространения электрических сетей, «с центрами и кругами», как того хотел В. И. Ленин в приведенном нами выше письме.

\* \*  
\*

В чем же заключалось главное содержание плана ГОЭЛРО, реализация которого рассчитывалась на 10 или 15 лет в зависимости от общего хода развития народного хозяйства? В части развития электроэнергетического хозяйства план ГОЭЛРО состоял из двух программ: программы «А» и программы «Б». Первая программа заключала в себе план восстановления довоенного электрохозяйства, а вторая программа была планом строительства новых электрических станций.

Программа «А» плана ГОЭЛРО, рассчитанная на восстановление и реконструкцию довоенного электроэнергетического хозяйства страны, намечала ряд мероприятий для расширения мощности существовавших тогда электростанций, соединения их высоковольтными сетями и улучшения качественных показателей работы старых электроустановок. Для составления этой программы Комиссия ГОЭЛРО провела учет всех электрических станций страны.

Программа «Б» плана ГОЭЛРО намечала сооружение 30 паровых и гидроэлектрических крупных районных станций общей установленной мощностью в 1 750 тысяч киловатт и в 1 425 тысяч киловатт рабочей мощности. Установленную мощность тепловых станций с учетом необходимой резервной мощности предполагалось довести до 1 110 тысяч киловатт, а мощ-



ность гидростанций — до 640 тысяч. Помимо этих станций были выявлены дополнительные возможные объекты электростроительства в районном разрезе, сооружение которых выходило за пределы намеченного планом ГОЭЛРО срока. В таблице 1 приводим список тех 30 районных электростанций, строительство которых было намечено планом ГОЭЛРО.

Таблица 1 25X1

Название станций	Рабочая мощность (в тысячах киловатт)	Название станций	Рабочая мощность (в тысячах киловатт)
<i>Северный район</i>		<i>Волжский район</i>	
«Уткина заводь» («Красный Октябрь») . . . . .	30,0	Кашпирская . . . . .	20,0
Волховская ГЭС . . . . .	30,0	Свияжская . . . . .	20,0
Нижне-Свирская ГЭС . . . . .	40,0	Саратовская . . . . .	20,0
Верхне-Свирская ГЭС . . . . .	60,0	Царицынская (Сталиноградская) . . . . .	40,0
	160,0		100,0
<i>Центральный промышленный район</i>		<i>Уральский район</i>	
Ивановская . . . . .	40,0	Кизеловская . . . . .	40,0
Нижегородская (Горьковская) . . . . .	40,0	Челябинская . . . . .	60,0
Белгородская . . . . .	40,0	Егоршинская . . . . .	40,0
Елифанская . . . . .	60,0	Чусовская ГЭС . . . . .	25,0
Каширская . . . . .	60,0		165,0
Шатурская . . . . .	40,0	<i>Кавказский район</i>	
	280,0	Краснодарская ГЭС . . . . .	20,0
<i>Южный район</i>		Грозненская . . . . .	20,0
Штеровская . . . . .	100,0	Терская ГЭС . . . . .	40,0
Лисичанская . . . . .	80,0	Кубанская ГЭС . . . . .	40,0
Гришинская . . . . .	40,0		120,0
Днепровская ГЭС . . . . .	200,0	<i>Сибирь и Туркестан</i>	
Белокалитвинская . . . . .	60,0	Алтайская ГЭС . . . . .	40,0
	480,0	Кузнецкая . . . . .	40,0
		Туркестанская ГЭС . . . . .	40,0
			120,0

25X1

В полном соответствии с ленинскими принципами электрификации план ГОЭЛРО предусматривал значительное опережение темпов ввода электроэнергетических мощностей по

сравнению с темпами роста других отраслей промышленности. Так, если общий рост промышленной продукции за 10—15 лет намечался в 1,8—2 раза по сравнению с довоенным уровнем, то мощность электрических станций должна была возрасти за тот же период почти в 10 раз.

Исходя из задачи рационального, равномерного размещения электростанций, в плане ГОЭЛРО было намечено создание мощной энергетической базы для индустриального развития восточной части страны. В связи с этим было запроектировано сооружение четырех электростанций на Урале, Кузнецкой электростанции в Западной Сибири. Необходимостью ускоренного индустриального развития отсталых национальных республик определялось проектирование строительства Алтайской гидроэлектростанции в Казахстане, гидроэлектростанции в Узбекистане, Свяжской тепловой станции в Татарии. Было также намечено сооружение гидроэлектростанции на Северном Кавказе. Что касается Закавказья, Крыма, Восточной Сибири и Дальнего Востока, то здесь программа электрификации не могла быть установлена, потому что эти районы во время разработки плана ГОЭЛРО оставались еще отрезанными от Советской России белогвардейцами и интервентами.

Как видно из таблицы 1, наибольшие новые энергетические мощности были предусмотрены в Южном районе, то есть в первой угольно-металлургической базе Советской республики. Здесь было намечено строительство крупнейших из выдвинутых ГОЭЛРО тепловых электростанций — Штеровской, Лисичанской, Гришинской и Белокалитвинской. Эти мощные электроцентралы должны были заменить мелкие, разбросанные по отдельным заводам и шахтам старые электроустановки Донбасса. Для энергоснабжения Приднепровья было намечено строительство Днепровской гидроэлектростанции мощностью в 200 тысяч киловатт. Сооружение грандиозной гидроэлектростанции на Днепре, бывшее не по силам русскому капитализму, явилось одним из наиболее эффективных и хозяйственно значимых первых объектов социалистической электрификации.

Созданием мощной энергетической базы обеспечивалось развитие таких старых промышленных центров страны, как Ленинградский (Северный), Московский и Приволжский, причем, если основной базой электрификации для Ленинградской области с ее богатыми водными источниками согласно плану ГОЭЛРО были гидроэлектрические станции, то для Московской области намечалось сооружение только тепловых электростанций — Шатурской, Каширской и Епифанской в районе Тулы. В Горьковской области намечалось сооружение крупной электроцентрали в городе Балахне мощностью в 40 тысяч киловатт. Для энергоснабжения промышленных предприятий и городского хозяйства Ивановской области была запроектирована постройка электроцентрали. В волжских районах страны было

запланировано строительство четырех станций — в Саратове, Царицыне (Сталинграде), Свияжске и близ Самары.

Реализуя ленинское указание об использовании местных топливных ресурсов, план ГОЭЛРО намечал сооружение большинства из вышеприведенных электростанций на местных энергетических ресурсах. Так, на торфе было запроектировано пять электроцентралей — «Уткина заводь», Шатурская, Горьковская, Ивановская и Свияжская — общей мощностью в 170 тысяч киловатт. Было учтено и широкое использование местных углей: на подмосковных углях должны были работать две станции — Каширская и Елифанская, на южноуральских углях — Челябинская станция, на западноуральских углях — Кизеловская станция; егоршинские угли намечалось использовать для Егоршинской станции, на использовании штыба рассчитывались Штеровская, Белокалитвинская и Белгородская электростанции. Наконец, предполагалось построить Кашпирскую электростанцию на сланцах, Саратовскую — на отходах от обработки леса и на сланцах, Царицынскую, ныне Сталинградскую, электростанцию — на отходах лесопиления и угольной мелочи.

Особое значение придавал план ГОЭЛРО строительству гидроэлектрических станций, использующих богатейшие запасы водной энергии. Дореволюционная Россия совершенно не имела крупных районных гидростанций. Смело отрешаясь от существовавшего положения, план ГОЭЛРО намечал строительство 10 районных гидроэлектрических станций общей мощностью в 640 тысяч киловатт, более 30 процентов всей намеченной программой электростроительства. Среди этих станций — первенец советской гидроэнергетики — Волховская ГЭС, две гидроэлектростанции на Свири, Днепровская гидроэлектрическая станция и т. д.

Характерной для плана ГОЭЛРО чертой является проектировка ряда станций, которые по мощности должны были далеко превосходить самые крупные, рекордные установки дореволюционной России. Карта электрификации страны, составленная работниками Комиссии ГОЭЛРО, помимо указания местоположения станции была покрыта кругами, характеризующими радиус распространения электроэнергии. Один круг находил на другой, создавалось единое электроэнергетическое кольцо, охватывающее основные районы Советской страны. Эта карта нагляднее всего характеризовала идею централизации всего энергоснабжения страны на крупных, технически передовых электростанциях, использующих водную энергию и местные топливные ресурсы.

Таковы были основные наметки плана ГОЭЛРО в области электроэнергетики.

Однако план электрификации РСФСР не ограничивался планом электростроительства. План ГОЭЛРО явился первым на-

роднохозяйственным планом страны Советов, первым планом создания материально-технической базы социалистического общества. «...Составить проект электрификации России — это означает дать красную руководящую нить для всей созидательной хозяйственной деятельности, построить основные леса для реализации единого государственного плана народного хозяйства»<sup>1</sup>.

На базе электрификации страны был дан набросок социалистического общехозяйственного строительства, которое, несмотря на скромное начало, уже предполагало такие темпы хозяйственного подъема, которых не знала и не могла знать дореволюционная Россия. По наметкам плана ГОЭЛРО в течение одного десятилетия промышленная продукция должна была возрасти на 80—100 процентов по сравнению с довоенным уровнем.

В соответствии с этим первым народнохозяйственным планом электрификация должна была стать мощным рычагом преобразования всего топливного баланса страны путем широкого использования торфа, местных углей, сланцев, отходов угольной и постепенного оттеснения древесного топлива. Идея комбинированного производства и централизации энергетического хозяйства вплотную подводила к теплофикации, которая, исходя из уровня развития техники тех лет, намечалась еще только в пределах фабрично-заводских установок.

По плану ГОЭЛРО намечалось довести добычу угля до 62,3 миллиона тонн в год против 29,1 миллиона тонн довоенной добычи, нефти — 11,8—16,4 миллиона тонн против 9,2 миллиона тонн, торфа — 16,4 миллиона тонн против 1,7 миллиона тонн, железной руды — 19,6 миллиона тонн против 9,2 миллиона тонн. Выплавка чугуна намечалась 8,2 миллиона тонн против 4,2 миллиона тонн, которые выплавлялись в довоенной России.

В области транспорта наряду с его всесторонней реконструкцией предполагалось широко электрифицировать важнейшие магистрали протяженностью около 3,5 тысячи километров железнодорожных путей и одновременно развернуть сооружения 25—30 тысяч километров новых железных дорог. В плане ГОЭЛРО уже отмечались громадные преимущества электро-транспорта в эксплуатационном отношении.

В области сельского хозяйства план ГОЭЛРО намечал проведение больших работ по механизации производства. Предполагалось довести объем производства сельскохозяйственных машин до 130 миллионов рублей, в то время как до войны в России производилось машин для сельского хозяйства на 67 миллионов рублей. Борьба с трехпольем, прогрессивные системы земледелия, широкий разворот агрохимии, развитие ир-

<sup>1</sup> План электрификации РСФСР, стр. 32.

ригации и мелиорации, подъем местной энергетики на базе использования местных энергетических ресурсов и, в особенности, использования небольших рек — все это входило в план ГОЭЛРО в качестве существенных его элементов.

Большое внимание в плане уделялось вопросу районирования страны. Была предусмотрена разбивка всей страны на ряд больших экономических районов с учетом их природных сырьевых и энергетических ресурсов и специфических национальных условий. Составление комплексного плана для каждого района и органическая связь районных планов в едином народнохозяйственном плане страны позволили наметить схему рационального разделения труда и сотрудничества районов с учетом их естественных богатств и возможностей.

Основным и решающим фактором выполнения намеченного грандиозного плана электрификации страны Ленин считал трудовой героизм советских людей, всемерное повышение производительности труда. Для выполнения намеченной ГОЭЛРО программы планировалось увеличение численности рабочих всего на 20 процентов. При этом потребление топлива в промышленности увеличивалось на 40 процентов, мощность силового промышленного аппарата должна была возрасти не менее чем на 70 процентов, а все промышленное производство почти удваивалось по сравнению с довоенным уровнем. Эти цифры свидетельствуют о том, какую огромную роль должна была сыграть энергетика в повышении производительности труда — этого решающего условия для победы нового общественного строя.

План электрификации был в декабре 1920 года единодушно одобрен VIII Всероссийским съездом Советов. С ликованием встретили делегаты съезда доклад любимого Ильича. В своем докладе о деятельности Совета Народных Комиссаров Ленин поделил много внимания плану электрификации. Он в простых, доступных народу словах объяснил величайшее значение плана ГОЭЛРО, воплощавшего в форме конкретного хозяйственного плана задачу создания материальной базы социализма. С заатаенным дыханием слушали пламенную речь Ильича солдаты, рабочие, крестьяне, партийные и советские работники, и перед ними вставала грандиозная перспектива создания коммунистического общества, начертанная гением великого вождя.

«Мы имеем перед собой результаты работ Государственной комиссии по электрификации России в виде этого томика, который всем вам сегодня или завтра будет роздан. Я надеюсь, что вы этого томика не испугаетесь. Я думаю, что мне нетрудно будет убедить вас в особенном значении этого томика. На мой взгляд, это — наша вторая программа партии... Наша программа партии не может оставаться только программой партии. Она должна превратиться в программу нашего хозяйственного строительства, иначе она негодна и как программа партии. Она должна дополниться второй программой партии, планом

работ по воссозданию всего народного хозяйства и доведению его до современной техники»<sup>1</sup>.

VIII съезд Советов заслушал специальный доклад о плане электрификации председателя Комиссии ГОЭЛРО — Г. М. Кржижановского. За спиной докладчика мерцала огнями электрифицированная карта, выполненная по личному заданию Ленина. На карте были нанесены намеченные планом ГОЭЛРО электрические станции.

Съезд единодушно одобрил представленный ему план, оценив его как «первый шаг важного хозяйственного начинания». Проект решения съезда был написан самим Лениным.

Но если этот план был встречен трудящимися Советской страны с исключительным энтузиазмом, то враги советского строя, как внешние, так и внутренние, встретили его воем ненависти. Буржуазные писаки и белоэмигранты, вопившие о близкой гибели советского строя, рассматривали план ГОЭЛРО «как бред жестоких фанатиков». Им вторили оппортунисты всех мастей внутри страны.

Коммунистическая партия под руководством Ленина дала должный отпор противникам плана ГОЭЛРО и положила план электрификации страны в основу своей хозяйственной деятельности, видя в нем, как говорил В. И. Ленин, «вторую программу партии».

\* \*  
\*

*Осуществление плана ГОЭЛРО* началось еще при жизни Владимира Ильича. Сохранились материалы, показывающие, с каким исключительным вниманием следил В. И. Ленин за первыми шагами в области электрификации страны. 14 ноября 1920 года по приглашению крестьян подмосковного села Кашино В. И. Ленин ездил к ним на открытие электростанции, где с интересом и радостью слушал выступления крестьян, говоривших о том, что только Советская власть дала им возможность получить «неестественный свет, который будет освещать крестьянскую темноту», и что этот свет выведет их на правильный путь к новой жизни. В октябре 1921 года В. И. Ленин присутствовал при испытании первого советского электропуга на опытном полигоне Тимирязевской сельскохозяйственной академии в Москве.

Ленин оказывал огромную помощь строительству первых электрических станций. Он следил за строительством Каширской электростанции под Москвой и помогал строителям в решении самых разнообразных вопросов. Ленин боролся с волокитой, мешавшей нормальному развертыванию работ по строительству Волховской гидростанции, ставил вопрос об ускорении

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Соч., т. 31, стр. 482.

строительства Ивановской электростанции. Сохранились многочисленные телеграммы и записки Ленина в различные ведомства с предписаниями и просьбами обеспечить рабочую силу для электростроек, своевременно снабжать их строительными материалами, продовольствием, фуражем, аккуратно и быстро перевозить все это на стройки.

Говоря о первом периоде осуществления ленинского плана электрификации, нельзя забывать тягчайшие экономические условия того времени. В силу этого, несмотря на все напряжение сил, в эксплуатацию входили незначительные мощности. За два года — 1920 и 1921 — на всех станциях страны было введено в эксплуатацию всего 12 тысяч киловатт новой мощности. «12 тысяч киловатт, — говорил Ленин, — очень скромное начало. Быть может, иностранец, знакомый с американской, германской или шведской электрификацией, над этим посмеется. Но хорошо смеется тот, кто смеется последним»<sup>1</sup>. Как глубоко прав оказался и в этом Владимир Ильич! Последовательно проводя в жизнь ленинскую политику электрификации, Советский Союз по производству электроэнергии уже давно обогнал и Германию и Швецию.

*Производство электрической энергии росло в Советском Союзе исключительно быстрыми темпами, оставлявшими далеко позади темпы роста энергетики в капиталистических странах. За десять лет, с 1921 до 1931 года, выработка электрической энергии возросла с 520 миллионов киловатт-часов до 10 687 миллионов киловатт-часов, то есть более чем в 20 раз. План ГОЭЛРО по основным показателям был выполнен до намеченного срока. Запланированное удвоение довоенного уровня промышленного производства было достигнуто в 1930 году. К началу 1932 года была фактически выполнена и программа электростроительства, предусмотренная планом ГОЭЛРО.*

За годы осуществления первого и второго пятилетних планов Советский Союз вновь значительно продвинулся вперед в развитии социалистической электроэнергетики. Производство электрической энергии в стране возросло с 10 687 миллионов киловатт-часов в 1931 году до 26 888 миллионов киловатт-часов в 1935 году, или более чем в 2,5 раза. Таким образом, через 15 лет после составления план ГОЭЛРО был перевыполнен более чем вдвое.

За 15 лет социалистического строительства выработка электроэнергии возросла в 50 раз — темпы, невиданные ни в одной капиталистической стране! В результате этого Советский Союз догнал и перегнал ряд капиталистических стран по абсолютной величине производства электроэнергии. Если дореволюционная Россия занимала по выработке электроэнергии пятнадцатое место в мире, то за 10 лет выполнения плана ГОЭЛРО —

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Соч., т. 32, стр. 470.

к 1930 году — СССР обогнал шесть крупных государств мира и вышел на девятое место в мире. В следующее пятилетие, с 1930 по 1935 год, Советский Союз обогнал по производству электроэнергии Англию, Канаду, Японию, Францию, Италию и Норвегию и занял третье место в мире, после Германии и США.

25X1

Таблица 2

25X1

Производство электроэнергии в СССР  
(в миллионах киловатт-часов)

25X1

Годы (годы)	Количество млн. кВт.ч	Годы (годы)	Количество
1913	1 945	1930	8 364
1921	520	1931	10 687
1922	775	1932	13 540
1923	1 146	1933	16 357
1924	1 562	1934	21 011
1925	2 925	1935	26 888
1926	3 508	1936	32 837
1927	4 205	1937	36 173
1928	5 007	1938	39 366
1929	6 224	1939	43 203

Как видно из таблицы 2, производство электроэнергии возрасло из года в год бурными темпами. Значительно возросли электрооборуженность труда в социалистической индустрии и душевое потребление электроэнергии. Внедрение электроэнергии в народное хозяйство, в первую очередь в тяжелую промышленность, явилось основой технического перевооружения народного хозяйства страны. Электропривод стал основным типом силового привода в промышленности, впервые в стране появились электрохимические и электрометаллургические производства.

В результате осуществления ленинского плана ГОЭЛРО и планов первых двух пятилеток Советский Союз превратился в передовую индустриальную державу. На основе этих успехов XVIII съезд нашей партии в марте 1939 года поставил задачу — *догнать и перегнать наиболее развитые капиталистические страны в экономическом отношении, то есть по производству промышленной продукции, а также и электрической энергии, на душу населения.*

В осуществление этого задания было развернуто строительство большого количества электростанций, в том числе крупнейших гидростанций на Волге, Иртыше и других реках СССР. Выработка электроэнергии в 1940 году по сравнению с 1939 годом возросла на 12 процентов, составив 48,3 миллиарда киловатт-часов против 43,2 миллиарда киловатт-часов в 1939 году. Однако вероломное нападение гитлеровских полчищ на Совет-



ский Союз, навязанная советскому народу тяжелая война превали осуществление третьего пятилетнего плана.

В годы войны советское электроэнергетическое хозяйство подверглось значительным разрушениям. Фашисты разрушили 61 крупнейшую и много мелких электростанций, на которых было установлено 560 крупных котлов и турбин общей мощностью около 5 миллионов киловатт. Варварски была разрушена Днепровская ГЭС имени Ленина, крупнейшие тепловые электростанции — Зуевская, Сталиногорская, Дубровская. Оккупанты разрушили около 10 тысяч километров высоковольтных сетей и свыше 12 тысяч зданий станций и подстанций, вывезли в Германию 14 тысяч паровых котлов, 1,4 тысячи турбин, 11,3 тысячи электрогенераторов.

Советские энергетики самоотверженной работой обеспечили электроснабжение страны в тяжчайших условиях военного времени. По указанию партии было демонтировано и вывезено из фронтовых районов в тыловые более 11 тысяч вагонов различного энергооборудования — котлов, турбин, трансформаторов и т. п. Расчеты фашистов на срыв энергоснабжения страны потерпели провал. На Урале и в Сибири, в Казахстане и Средней Азии развернулось строительство новых электростанций, которые, несмотря на огромные трудности военного времени, сооружались в рекордные сроки. В годы войны на Челябинской ТЭЦ был введен первый в СССР турбогенератор в 100 тысяч киловатт. За период с 1942 по 1944 год было введено в работу 3,4 миллиона киловатт мощности электростанций.

Одновременно с частями Советской Армии на территорию, освобождавшуюся от фашистов, вступали и энергетики, которые сразу же приступали к восстановлению разрушенных врагом электростанций. Еще в годы войны началось восстановление Днепровской ГЭС, Зуевской ГРЭС, Севастопольской ГРЭС и многих других электростанций. К началу 1946 года уже было восстановлено 58 электростанций общей мощностью в 1,6 миллиона киловатт.

Таблица 3

Производство электроэнергии в СССР  
(в миллионах киловатт-часов)

Годы	Количество	Годы	Количество
1945	48 257	1951	103 634
1946	48 571	1952	118 649
1947	56 491	1953	133 700
1948	66 341	1954	149 440
1949	78 257	1955	170 100
1950	90 913		

25X1

25X1

25X1

25X1

В послевоенные годы электроэнергетическое хозяйство страны развивалось особенно быстрыми темпами. Если по четвертому пятилетнему плану намечалось к 1950 году довести выработку электроэнергии до 82 миллиардов киловатт-часов, то фактически она достигла 90,9 миллиарда киловатт-часов: Советский Союз по производству электроэнергии вышел на первое место в Европе и на второе место в мире.

Как видно из таблицы 3, выработка электроэнергии в последнем году пятой пятилетки превысила 170 миллиардов киловатт-часов, что в 87 раз больше выработки, достигнутой в дореволюционной России. В 1955 году Советский Союз вырабатывал в течение одного дня столько электроэнергии, сколько все электростанции страны в 1921 году. В целом за год Советский Союз вырабатывает электроэнергии столько, сколько Великобритания и Западная Германия, вместе взятые. В производстве электроэнергии мы пока уступаем только США.

Одновременно с ростом выработки электроэнергии росла и мощность электростанций. Тридцать точек, намеченных на карте электрификации, светившейся огнями на сцене Большого театра в знаменательные декабрьские дни 1920 года — дни VIII съезда Советов, превратились в строительные площадки, где героическим трудом советских людей претворялись в жизнь ленинские идеи электрификации. Из года в год *ширился фронт энергетического строительства*. Вслед за Волховской ГЭС под Ленинградом вступила в эксплуатацию Земо-Авчальская ГЭС вблизи Тбилиси. Под Москвой были сооружены Шатурская и Каширская районные тепловые станции. На Украине были введены в эксплуатацию Штеровская и Зуевская ГРЭС. С каждым годом возрастал ввод новых мощностей на электростанциях, что видно из данных, приводимых в таблице 4.

Таблица 4

Динамика ввода новых мощностей по плану ГОЭЛРО  
(в тысячах киловатт)

Годы	Прирост мощностей по всем станциям (с учетом демонтажа)	Ввод мощности по районным станциям
1923	32	22
1924	29	6
1925	89	52
1926	189	104
1927	112	62
1928	207	87
1929	391	173
1930	530	359
1931	1 096	796

Установленная мощность всех районных электростанций достигла в 1931 году 2 105 тысяч киловатт против 193 тысяч киловатт, которыми располагала дореволюционная Россия. План ГОЭЛРО по вводу мощности электростанций был выполнен в кратчайший срок. Всего за 15 лет, на которые максимально был рассчитан план ГОЭЛРО, на всех районных станциях было введено 4 345 тысяч киловатт новой мощности, или 246 процентов от намеченного планом ГОЭЛРО.

Проводя электрификацию всех отраслей народного хозяйства, создавая крупную машинную индустрию в новых промышленных районах, советский народ строил мощные электростанции и новые энергосистемы на Урале и в Сибири, в Казахстане и Грузии, Узбекистане, Армении, Азербайджане, в Карело-Финской ССР и в других новых промышленных районах и национальных республиках.

Последовательно реализуя политику всеохватывающей электрификации, социалистическое государство широким фронтом вело энергетическое строительство, которое особенно возросло в послевоенные годы, когда в Советском Союзе ежегодно вводились мощности значительно большие, чем это намечалось планом ГОЭЛРО на все 10—15 лет. Так, в одном только 1955 году было введено мощностей почти в 3 раза больше, чем намечалось планом ГОЭЛРО на весь период его выполнения. Мощность одной Куйбышевской гидроэлектростанции на Волге составит 2 100 тысяч киловатт, то есть больше, чем намечал план ГОЭЛРО ввести за 10—15 лет на 30 электростанциях. Таков грандиозный размах электрификации СССР, почином которой был план ГОЭЛРО.

Уже в годы выполнения плана ГОЭЛРО советские энергетики пошли далеко вперед перед наметок плана и в деле концентрации мощности электрических станций. Если по плану ГОЭЛРО большинство тепловых электростанций должно было иметь установленную мощность 40—60 тысяч киловатт, а крупнейшая Штеровская ГРЭС — 100 тысяч киловатт, то к пятнадцатилетию плана ГОЭЛРО — в 1935 году — в СССР работало уже шесть электростанций мощностью свыше 150 тысяч киловатт. Во второй пятилетке вступили в строй районные станции мощностью в 200 тысяч киловатт каждая (Сталинградская и Дубровская ГРЭС). В дальнейшем развитии советского электрохозяйства мощность крупных станций возросла до 400—600 тысяч киловатт. Основным типом электростанций в СССР являются мощные районные станции, вооруженные передовой современной техникой.

*Коренным образом изменилась структура энергетического хозяйства СССР.* На службу советскому народу были поставлены неисчерпаемые, вечно возобновляемые водные ресурсы. В дореволюционной России не существовало ни одной крупной гидроэлектростанции, хотя наша страна по мощности по-

тенциальных ресурсов водной энергии занимает первое место в мире. Наши ресурсы исчисляются в 300 миллионов киловатт, что в 3,5 раза превосходит мощность ресурсов водной энергии США.

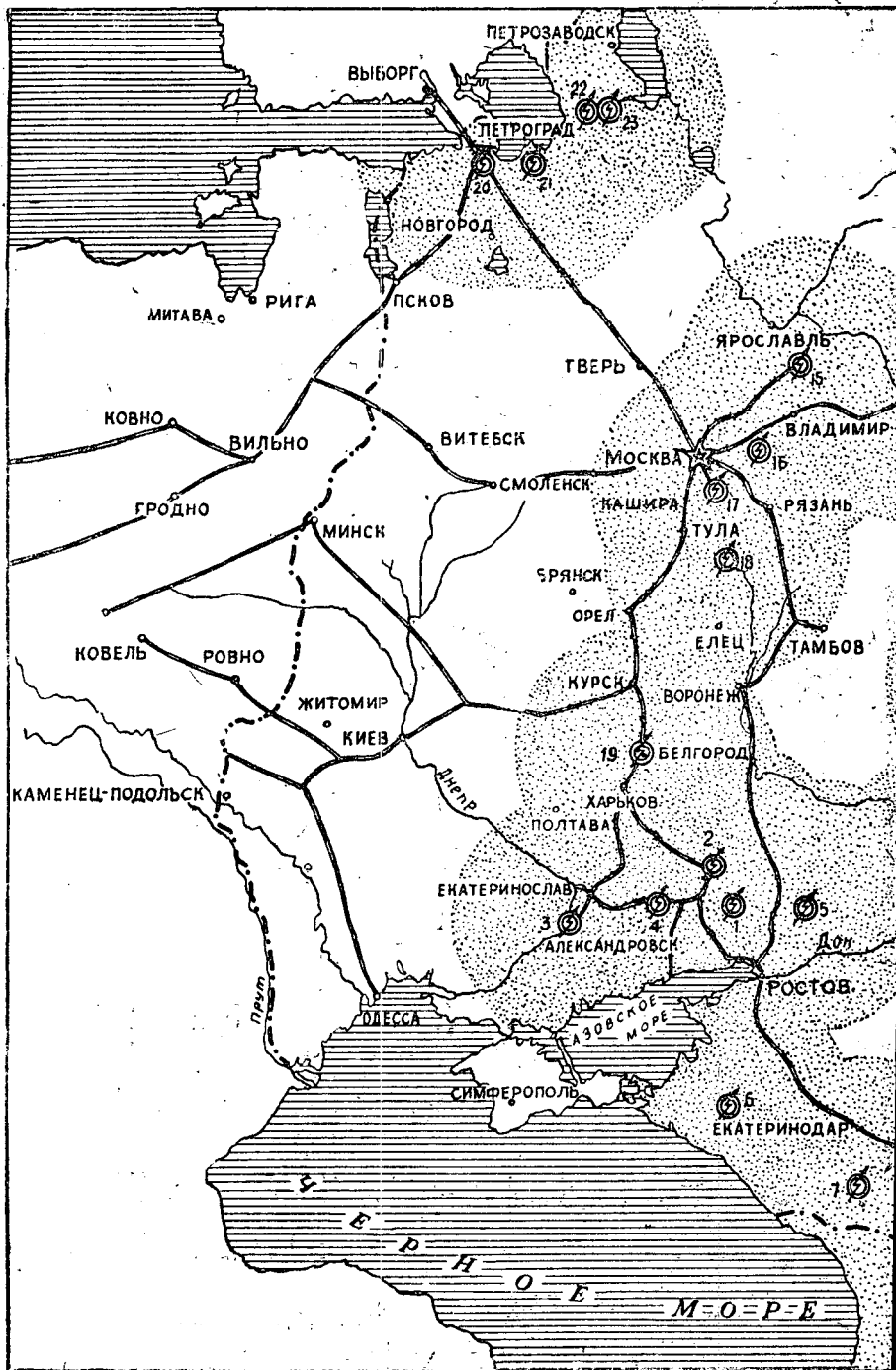
С первых дней осуществления социалистической электрификации началось строительство Волховской ГЭС. Еще 22 апреля 1918 года на заседании Совнаркома во время обсуждения доклада П. Г. Смидовича об энергоснабжении Москвы и Петрограда В. И. Ленин сделал для себя заметку — *Волхов строить!* В 1921 году Владимир Ильич по письму начальника строительства Волховской ГЭС Г. О. Графтио принимал меры помощи строительству. В результате героического труда коллектива строителей Волховская ГЭС вступила в эксплуатацию в 1926 году.

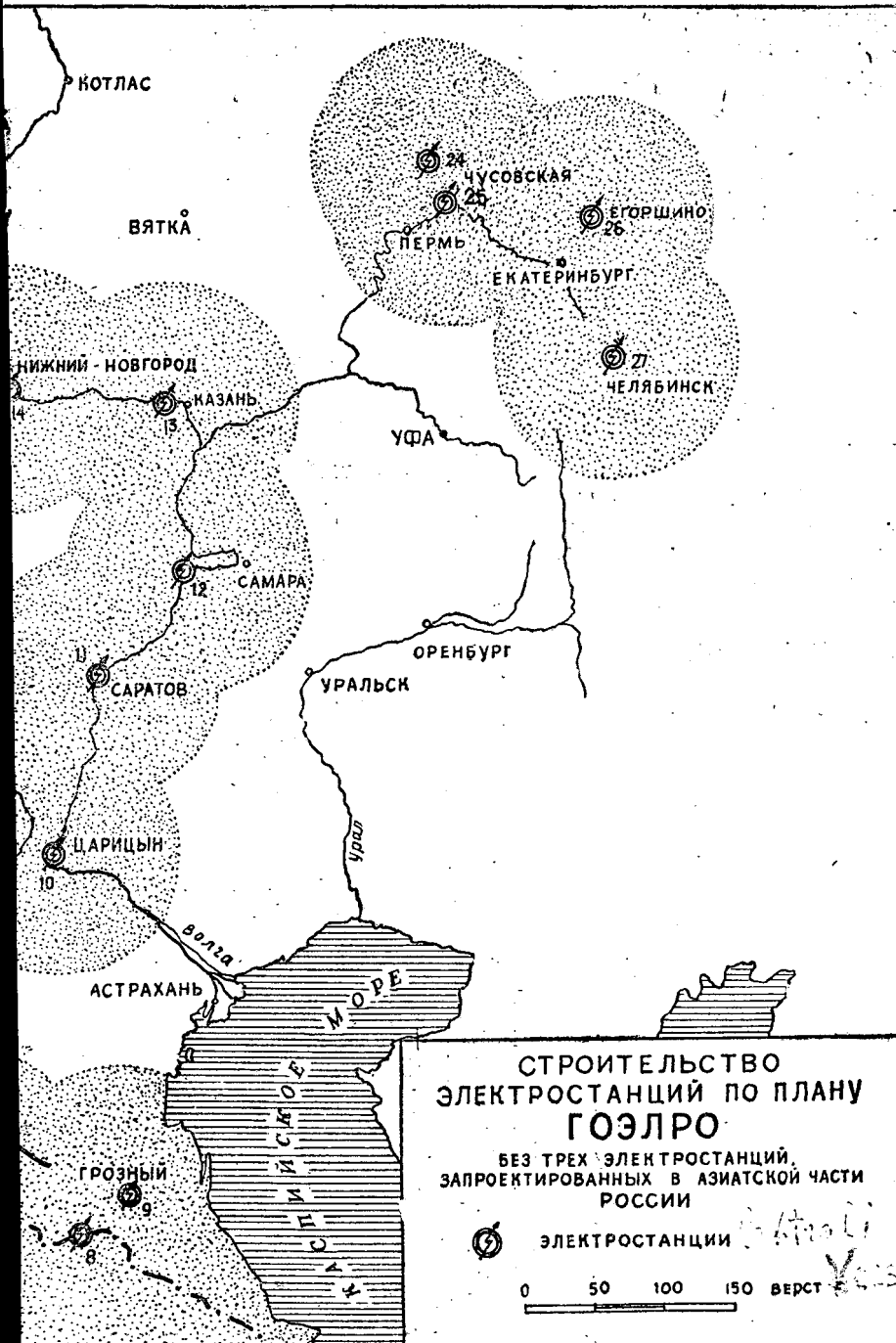
14 апреля 1921 года в письме к товарищам-коммунистам Закавказья Ленин предлагал широко использовать возможности гидроэлектростроительства, начать крупные работы по электрификации и орошению. 10 сентября 1922 года был проведен воскресник по строительству Земо-Авчальской ГЭС, на котором вместе с другими с лопатой в руках работал верный ученик и соратник Ленина Серго Орджоникидзе, сыгравший в дальнейшем как народный комиссар тяжелой промышленности большую роль в реализации плана ГОЭЛРО. В 1927 году, то есть спустя год после пуска Волховской ГЭС, Земо-Авчальская ГЭС дала ток для народного хозяйства.

На опыте этих двух первенцев социалистической гидроэнергетики развернулось строительство новых станций на Свири, на реках Армении, Грузии, Средней Азии. К пятнадцатилетию плана ГОЭЛРО действовало уже 11 районных гидростанций общей мощностью 771,3 тысячи киловатт, в то время как планом ГОЭЛРО намечалось сооружение 10 гидроэлектростанций общей мощностью 640 тысяч киловатт.

10 октября 1932 года в строй вступила Днепровская гидроэлектрическая станция имени Ленина, мощность которой в 10 раз превышает мощность Волховской ГЭС. Днепровская ГЭС была сооружена по проекту академика И. Г. Александрова, под руководством академиков А. В. Винтера и Б. Е. Веденеева, являвшихся участниками составления плана ГОЭЛРО. Днепровская ГЭС одна вырабатывает в год столько электроэнергии, сколько давали ее все электростанции дореволюционной России.

В годы первой и второй пятилеток были построены 32 гидроэлектростанции, в их числе Нижне-Свирская, Канакерская, Рионская, Гизельдонская, Дзорагетская и Чирчикская. В послевоенный период, восстановив разрушенные во время гитлеровского нашествия Днепровскую, Нижне-Свирскую, Баксанскую, Гизельдонскую, Кегумскую и другие гидростанции, советский народ развернул еще более широкое гидроэнергетическое





строительство. В четвертой пятилетке было введено в эксплуатацию 47 гидроэлектростанций общей мощностью 2,3 миллиона киловатт. В пятой пятилетке вошли в строй Цимлянская ГЭС на Дону, Каховская ГЭС на Днепре, Усть-Каменогорская ГЭС на Иртыше, Мингечаурская ГЭС на Кура, Гюмушская ГЭС на Раздане и другие.

Основываясь на накопленном опыте гидростроительства, советский народ еще в довоенные годы приступил к осуществлению величественного плана покорения великой русской реки Волги. Начав с сооружения Угличской, Рыбинской и Ивановской ГЭС, энергостроители перешли к созданию огромных гидроэлектростанций на Волге — Горьковской, Куйбышевской и Сталинградской ГЭС, а также Камской ГЭС на крупнейшем притоке Волги реке Каме. Первые агрегаты Горьковской, Камской и Куйбышевской ГЭС уже вступили в эксплуатацию в пятой пятилетке.

Намеченная В. И. Лениным программа широкого использования богатейших гидроэнергетических ресурсов страны последовательно проводится в жизнь советским народом. В 1955 году в строительстве находились гидроэлектростанции, мощность которых в 3 раза превышает суммарную мощность всех действовавших в этом году ГЭС. Интересно указать, что капиталовложения в строительство районных гидроэлектростанций возросли за последние 10 лет больше чем в 11 раз, достигнув в 1955 году 6 448 миллионов рублей против 565 миллионов рублей в 1945 году. В результате значительно возросло и производство электрической энергии на гидроэлектростанциях (см. таблицу 5).

таблица 5

Выработка электроэнергии на гидроэлектростанциях СССР  
(в миллиардах киловатт-часов)

Годы	Количество	Годы	Количество
1940	5,1	1951	13,7
1945	4,8	1952	14,9
1946	6,0	1953	19,2
1947	7,3	1954	18,6
1948	9,4	1955	23,1
1949	11,5	1955	
1950	12,7	в процентах к 1940	453

Как видно из таблицы 5, выработка электрической энергии на гидроэлектростанциях только за последние 15 лет увеличилась более чем в 4,5 раза. При этом нельзя забывать, что такие крупнейшие станции, как Днепровскую и Нижне-Свирскую ГЭС,

после войны пришлось восстанавливать почти заново, а строительство ряда мощных гидростанций было задержано в годы войны. Несмотря на это, удельный вес выработки гидроэлектроэнергии в общем производстве электроэнергии возрастает. Так, если в 1940 году он составил 10,5 процента, то в 1955 году поднялся до 14 процентов.

Нашли свое отражение в советском гидростроительстве и ленинские принципы комплексного использования гидроресурсов для нужд энергетики, транспорта и ирригации. Днепровская и Нижне-Свирская ГЭС, канал имени Москвы и Беломорско-Балтийский канал, Волго-Донской канал и Цимлянская ГЭС, Камская и Усть-Каменогорская ГЭС комплексно решают вопросы энергетики и судоходства; часть же этих сооружений, как Цимлянская, Фархадская, Мингечаурская и некоторые другие ГЭС, одновременно решают и вопросы орошения.

Огромная работа проводилась в годы реализации плана ГОЭЛРО по *изменению структуры топливного баланса районных электростанций*. В довоенной России все электростанции работали на привозном топливе: 60 процентов энергии вырабатывалось на нефти, а 40 процентов — на качественном дальнепривозном, импортном и донецком угле. В ходе выполнения плана ГОЭЛРО это положение коренным образом изменилось: в топливный баланс электростанций прочно вошли местные сорта углей, торф и сланцы.

4 июля 1922 года вступила в строй подмосковная Каширская ГРЭС, на которой была решена задача сжигания бурых подмосковных углей. Были построены крупные электростанции в Донбассе (Штеровская, Зуевская, Шахтинская и др.), использующие антрацитовый штыб, горы которого раньше без пользы скапливались около угольных шахт. В 1924 году вступила в эксплуатацию Кизеловская ГРЭС на Западном Урале, работающая на местных углях. Советские энергетики научились сжигать егоршинские, кузнецкие и другие местные сорта углей, а также кусковой и фрезерный торф, разработав для этого специальные конструкции топок.

Особенно большие успехи достигнуты в использовании торфа, которым так богата наша страна. Советские энергетики полностью освоили добычу и сжигание торфа. Уже к концу первой пятилетки мощность районных торфяных станций достигала 643 тысяч киловатт, а к пятнадцатилетию ГОЭЛРО — 802 тысяч киловатт. К числу этих станций относятся Горьковская ГРЭС (когда-то крупнейшая в СССР станция мощностью 204 тысячи киловатт), Шатурская ГРЭС, «Красный Октябрь» в Ленинграде и др.

В результате широкого использования местных энергоресурсов удельный вес привозного топлива в топливном балансе электростанций резко упал. Так, если в 1913 году, как было указано выше, все 100 процентов электроэнергии были вырабо-



таны на дальнепривозном топливе, то уже в 1926 году эта цифра упала до 47,2 процента, а в 1935 — до 20 процентов. В дальнейшем советские энергетики все более расширяли использование местных топливных ресурсов, освоили сжигание 60 сортов топлива. В строй вошли станции, использующие горючие сланцы, вновь открытые месторождения бурых углей, отходы углеобогащения. Удельный вес электроэнергии, выработанной на дальнепривозном топливе, упал в 1950 году до 8,5 процента. Мощность станций, использующих местные сорта топлива, давно уже в несколько раз превзошла суммарную мощность, намеченную планом ГОЭЛРО для всех электростанций.

Переход на местное топливо и преимущественное расположение станций поблизости от топливных источников позволили сэкономить для страны десятки миллионов тонн высококачественных углей и нефти, необходимых для химической, металлургической промышленности и транспорта, разгрузить транспорт от перевозок огромных количеств дальнепривозного топлива и создать топливную базу для развития энергетики районов, не располагающих высококачественным топливом. В условиях военного времени новая структура энергетического баланса обеспечила бесперебойное энергоснабжение тыловых районов от электростанций, работающих на местном топливе. Крупнейшие электростанции, построенные после окончания войны, — Шекинская, Черепетская, Мироновская и др., также используют местные сорта топлива.

*Совершенно изменилось техническое вооружение электростанций СССР.* Приступая к созданию энергетической базы, наша страна не имела своей энергетической промышленности. Все основное оборудование электростанций — турбины, генераторы, котлы, трансформаторы, аппаратура — приобреталось за границей. Не всегда при этом имелась возможность пользоваться наилучшими достижениями зарубежной техники. За годы Советской власти было создано отечественное котлотурбостроение, которое обеспечило электростанции необходимым оборудованием, по своему качеству не уступавшим лучшим образцам мировой техники. Если в 1926 году 99,3 процента котлов работало на паре давлением до 18 атмосфер, то уже к десятилетию ГОЭЛРО, в 1930 году на таком давлении пара работало 72,6 процента котлов, остальные 27,4 процента котлов работало на паре давлением от 19 до 30 атмосфер; к пятнадцатилетию плана ГОЭЛРО удельный вес котлов с паром низкого давления от 12 до 18 атмосфер упал до 37 процентов, а с давлением пара от 19 до 30 атмосфер вырос до 30,6 процента. Котлы, работающие на паре давлением свыше 30 атмосфер, составили 32,4 процента. К этому времени на районных электростанциях уже не оставалось котлов с давлением пара ниже 12 атмосфер.

Увеличение давления пара и его температуры играет решающую роль в повышении экономической эффективности электростанций. На станциях, вырабатывающих только электрическую энергию, переход от котлов с давлением пара в 15 атмосфер и температурой в 350 градусов к котлам с давлением пара в 29 атмосфер и температурой в 400 градусов дает экономию топлива примерно в 25—30 процентов. Одновременно росла и производительность котлов. Если на первом этапе развития нашей электроэнергетики на станциях устанавливались котлы производительностью 20—40 тонн пара в час, то в годы выполнения пятилетних планов уже стали обычными котлы паропроизводительностью в 75—120 тонн в час, а к пятнадцатилетию плана ГОЭЛРО на крупных станциях появились котлы производительностью 160—200 тонн пара в час.

В 1933 году советскими энергетиками было закончено строительство электростанции, оборудованной прямоточными котлами высокого давления пара в 130 атмосфер при температуре 480—500 градусов с производительностью до 200 тонн пара в час. Для того времени это были самые крупные котлы в мире на такое давление пара. В настоящее время на крупных электростанциях широко применяются котельные агрегаты производительностью до 230 тонн пара в час с давлением пара в 100 атмосфер и температурой перегрева в 500 градусов. Уже в 1954 году удельный вес электростанций, работающих на паре высокого давления, достиг 48 процентов против 2,7 процента в 1940 году.

В 1955 году введена в эксплуатацию Черепетская ГРЭС мощностью первой очереди 300 тысяч киловатт, оборудованная котлами с давлением в 170 атмосфер и температурой в 550 градусов, с промежуточным перегревом пара. Переход от давления пара в 30 атмосфер к давлению пара в 170 атмосфер дает экономию топлива на 25 процентов.

На Черепетской ГРЭС сжигаются низкосортные Подмосковные угли с содержанием золы до 30 процентов и влаги до 37 процентов.

Одновременно с обновлением котельного оборудования происходило перевооружение электрических станций новыми турбогенераторами. До революции на большинстве станций были установлены двигатели внутреннего сгорания, паровые машины и только на части крупных для того времени электростанций имелись паровые турбины мощностью от 1 тысячи до 5 тысяч киловатт. Техническое перевооружение советской энергетики базировалось на паровых турбинах. В 1925 году на наших станциях были установлены турбины мощностью в 10 тысяч киловатт, с 1927 года начали применяться турбины мощностью в 24 тысячи киловатт, а в 1931 году вступила в строй первая турбина мощностью в 50 тысяч киловатт.

В последующие годы советское энергомашиностроение

освоило производство еще более крупных машин. Начиная с 1939 года ряд электростанций стал оснащаться турбогенераторами мощностью в 100 тысяч киловатт с давлением пара 100 атмосфер и температурой перегрева в 500 градусов. В последнее время в нашем энергохозяйстве появились турбогенераторы мощностью по 150 тысяч киловатт с давлением пара в 170 атмосфер и температурой перегрева в 550 градусов. В то же время увеличивалась и мощность гидротурбин. Если на первых советских гидроэлектрических станциях устанавливались гидротурбины мощностью около 10 тысяч киловатт, то мощность каждой из турбин Днепровской ГЭС достигла уже 62 тысяч киловатт, а для Куйбышевской ГЭС освоено изготовление крупнейшей поворотной гидротурбины мощностью в 105 тысяч киловатт.

*Большая работа проделана на наших электростанциях и энергосистемах по автоматизации и телемеханизации.* В условиях энергетического хозяйства, где процесс производства и потребления энергии совпадает по времени, автоматизация производственных процессов имеет исключительное значение как для повышения надежности электроснабжения, так и для его экономичности. Поэтому еще в годы выполнения плана ГОЭЛРО были сооружены первые управляющиеся автоматически гидроэлектрические станции небольшой мощности. В дальнейшем была проведена автоматизация крупных гидроэлектростанций.

В настоящее время больше 99 процентов всех гидростанций имеют автоматическое управление агрегатами. Почти две трети всех ГЭС переведены на телеуправление. Широко оборудованы котельные агрегаты тепловых станций автоматикой горения (до 75 процентов) и автоматами питания водой (до 90 процентов). Применяются автоматы загрузки шаровых мельниц и питания деаэраторов. Телемеханизировано больше 130 высоковольтных подстанций и 14 диспетчерских пунктов энергетических систем. На электростанциях и подстанциях установлено свыше 3 тысяч комплектов автоматов ввода резервного питания. Высоковольтные линии электропередач оборудованы автоматами повторного включения.

Одной из особенностей нашего социалистического энергетического хозяйства является *широкое развитие теплофикации*, то есть комбинированное производство на мощных электростанциях электрической и тепловой энергии и централизованное снабжение различных потребителей тепловой энергией для технологических нужд и отопления. Строительство теплоэлектроцентралей позволяет все более освобождать наши города и промышленные предприятия от строительства разрозненных котельных установок, сберечь огромное количество топлива. Эта экономия достигается как за счет замены малоэкономичных котельных установок, в большинстве своем сжигающих

дальнепривозное высококачественное топливо, более мощными, так и за счет значительного повышения коэффициента полезного действия теплофикационных станций по сравнению с конденсационными электростанциями, вырабатывающими только электрическую энергию.

Первенцем социалистической теплофикации была проведенная еще в 1924 году теплофикационная магистраль от 3-й Ленинградской ГЭС к Обуховской больнице. На первом этапе развития теплофикации сооружались фабрично-заводские ТЭЦ при реконструируемых промышленных предприятиях. Последующее подсоединение к этим установкам расположенных вблизи предприятий и коммунальных объектов придало этим теплоэлектроцентралям районный характер. Помимо строительства фабрично-заводских теплоэлектростанций проводилась установка теплофикационных турбин на городских электростанциях Москвы и Ленинграда. Накопленный на первых теплофикационных установках опыт позволил перейти к строительству сравнительно крупных районных теплоэлектроцентралей, обеспечивающих теплоснабжение всего прилегающего района и использующих все преимущества комбинированного производства тепловой и электрической энергии.

Уже к десятилетию плана ГОЭЛРО общая мощность теплоэлектроцентралей достигла 200 тысяч киловатт, а количество их — свыше 40. К концу первой пятилетки мощность ТЭЦ составила уже 500 тысяч киловатт, а к пятинадцатилетию плана ГОЭЛРО превысила 1 миллион киловатт. К началу послевоенной пятилетки в стране имелось около 100 теплоэлектроцентралей, и они обеспечивали теплом свыше 120 городов. 30 процентов всей мощности турбин, установленных на электростанциях СССР, составляли теплофикационные турбины с противодавлением или отбором пара. Советское машиностроение освоило производство теплофикационных турбин высокого давления.

Послевоенный период развития теплофикации характеризуется дальнейшими значительными успехами. Установленная мощность теплоэлектроцентралей возросла по сравнению с довоенным уровнем в 3 с лишним раза, теплофицировано более 160 городов. Протяженность теплофикационных сетей увеличилась за этот период в 2,6 раза и измеряется теперь сотнями километров. Уже в 1954 году отпуск тепла от ТЭЦ составил свыше 100 миллионов мегакалорий, что в 4 раза превышает отпуск тепла в 1940 году. Такое широкое развитие теплофикации дает в настоящее время годовую экономию свыше 5 миллионов тонн условного топлива.

Специфической чертой развития социалистической электроэнергетики стало строительство станций, объединенных между собой высоковольтными линиями электропередач в электроэнергетические системы. Можно сказать, что *основной формой раз-*

*вития плановой социалистической электроэнергетики является создание электроэнергетических систем.*

В этой области отсталость энергохозяйства дореволюционной России была особенно разительной. Изолированные электростанции принадлежали конкурирующим капиталистическим обществам. Во всей стране имелось несколько электропередач на напряжение в 22 и 38 киловольт. В 1914 году вступила в строй первая (принадлежавшая иностранным капиталистам) 70-киловольтная линия передачи, соединявшая Москву со станцией «Электропередача».

Советским энергетикам приходилось заново создавать мощные энергетические системы. Уже в 1922 году вступила в эксплуатацию первая высоковольтная линия напряжением 115 киловольт для передачи в Москву энергии Каширской ГРЭС. В 1933 году была введена в эксплуатацию первая в СССР линия электропередачи 220 киловольт СвирьГЭС — Ленинград. В целях централизации электроснабжения была создана мощная Московская энергосистема. Такие же энергетические системы возникли в Донбассе, Приднепровье, Ленинграде, Горьковской области, на Урале.

Если на первом этапе социалистической электрификации создавались районные энергосистемы, то с ростом мощностей районных электростанций и освоением линий передач в 220 киловольт советские электроэнергетики перешли к созданию межрайонных систем, объединяющих электростанции нескольких районов. Первыми такими системами являлись Центральная энергосистема, объединившая энергохозяйство Московской, Ивановской, Горьковской и Ярославской областей; Южная энергосистема, объединившая энергохозяйство Донбасса; Приднепровья, Ростовской и Сталинградской областей; Уральская энергосистема, объединившая Свердловскую, Челябинскую, Молотовскую области и часть Башкирии. Мощность каждой из этих систем составляет около 4 миллионов киловатт.

Развитие энергетических систем ярко характеризуется их удельным весом в суммарной выработке энергии на всех электростанциях СССР. Если в годы первой пятилетки в энергетических системах вырабатывалось всего около трети всей электроэнергии, то уже в предвоенные годы четыре пятых всей суммарной выработки энергии производилось станциями, объединенными в энергетические системы. Сооружение грандиозных гидроэлектростанций на Волге, предназначенных для обеспечения энергией ряда районов, в том числе и Москвы, потребовало перехода на новую, высшую техническую ступень в деле строительства высоковольтных линий электропередач.

Советскими энергетиками была запроектирована сверхмощная 400-киловольтная линия электропередачи протяженностью в 900 километров от Куйбышевской ГЭС до Ногинской подстанции под Москвой. Мощность этой передачи составит

1 150 тысяч киловатт, а количество передаваемой энергии — 6,1 миллиарда киловатт-часов в средний по водности год. Таким образом, только одна эта сверхмощная линия будет ежегодно передавать энергии примерно столько, сколько вырабатывали все электростанции СССР в 1929 году.

Одновременно с ростом мощности и технической вооруженности нашего электроэнергетического хозяйства *росли новые кадры работников грандиозного фронта электрификации*. Работники эксплуатации электрических станций и энергосистем проделали большую работу по освоению новейшей техники, которой вооружено наше энергохозяйство, и значительно улучшили качественные показатели эксплуатации электрических станций и сетей.

Одним из важнейших показателей уровня эксплуатации электростанций является *удельный расход топлива*. По плану ГОЭЛРО намечалось снизить удельный расход топлива с 1,4 килограмм/киловатт-часа до 0,9 килограмм/киловатт-часа. Это задание было выполнено уже к десятилетию плана ГОЭЛРО. В 1930 году удельный расход топлива на районных станциях составил 0,86 килограмм/киловатт-часа, а в 1940 году — 0,596 килограмм/киловатт-часа. В послевоенные годы достигнуто дальнейшее снижение удельных расходов топлива, которые составили в 1951 году — 0,532 килограмм/киловатт-часа, а в 1953 году — 0,51 килограмм/киловатт-часа. В 1954 году удельный расход топлива на киловатт-час снизился по сравнению с довоенным периодом еще на 17 процентов и достиг примерно 0,497 килограмм на киловатт-час. За счет снижения удельных расходов топлива энергетики сэкономили нашей стране миллионы тонн топлива.

За годы социалистического строительства заново была создана развитая электромашиностроительная промышленность Советского Союза, которая обеспечивает электростанции всем необходимым оборудованием. Советский Союз располагает мощным котлостроением, турбостроением и электротехническим машиностроением. На наших заводах изготавливаются огромные котельные агрегаты сверхвысокого давления, мощные турбины и генераторы, разнообразное электротехническое оборудование.

\* \*  
\*

Огромные успехи достигнуты советским народом под руководством Коммунистической партии в деле развития энергетического хозяйства. Но как ни велики эти успехи, советский народ не может удовлетвориться достигнутым.

Еще не решена поставленная В. И. Лениным задача догнать и перегнать наиболее развитые капиталистические страны по производству важнейших видов продукции на душу населения. Успешное решение этой задачи, обеспечивающее победу социа-

лизма в экономическом соревновании с капитализмом, возможно только на основе дальнейшего расширения и совершенствования производства на базе высшей техники, систематического роста производительности труда.

Одним из важнейших средств расширения социалистического производства и роста производительности труда является дальнейшая электрификация страны. Производительность труда определяется в значительной степени его энерговооруженностью. Известно, что один киловатт мощности производит физическую работу 20, а в машинах-автоматах примерно — 40 человек. В свою очередь, все направления технического прогресса основаны на широком применении электрической энергии.

Автоматизация и комплексная механизация производственных процессов основана на использовании разнообразных автоматических станков, аппаратов и приборов, действующих с помощью электрического тока. Новейшее высокопроизводительное оборудование действует с помощью электромоторов, фотоэлементов, электромагнитов, электрокопировальных устройств, различных реле и т. п. Наиболее прогрессивные передовые методы современной технологии — электрохимия, электрометаллургия, электрическая обработка металлов, электросварка немислимы без широкого применения электроэнергии. Так, производство алюминия требует большого количества дешевой электроэнергии (примерно 20 тысяч киловатт-часов на 1 тонну). С помощью электролиза производятся медь, цинк, хлор и многие другие цветные и редкие металлы. Все более значительные количества электроэнергии расходуются для получения синтетического каучука и других синтетических химических продуктов. Все шире применяется электрическая энергия для электротермической, электроискровой и электровзвучковой обработки металлов.

Таким образом, выдвинутые XX съездом КПСС в качестве главных задач шестого пятилетнего плана задачи преимущественного развития тяжелой индустрии, непрерывного технического прогресса и повышения производительности труда, как основы дальнейшего роста всех отраслей народного хозяйства, неразрывно связаны с дальнейшей электрификацией страны.

Неотъемлемой частью великого плана электрификации страны является электрификация сельскохозяйственного производства. За шестую пятилетку должно быть удвоено количество электрифицированных колхозов, получающих энергию от постоянных источников, завершена электрификация совхозов и машинно-тракторных станций. Электрификация сельского хозяйства в шестой пятилетке должна осуществляться как путем присоединения колхозов, совхозов и машинно-тракторных станций к сетям энергосистем и отдельных государственных электростанций, так и путем строительства местных электростанций с долевым участием колхозов и совхозов. Большой размах при-

обретает строительство межколхозных, районных и даже межрайонных электростанций, так как строительство мелких установок экономически недостаточно целесообразно.

Рост энергетической базы и успехи отечественной тяжелой промышленности позволили выдвинуть грандиозную задачу широкой электрификации железных дорог. Принятый Центральным Комитетом КПСС генеральный план электрификации железных дорог, а также дальнейшее широкое внедрение тепловозов позволят уже в 1965 году освоить наиболее технически совершенными и экономичными видами тяги не менее 80—85 процентов всего грузооборота. В течение 10—15 лет будут переведены на электрическую тягу важнейшие грузонапряженные направления и горные линии, а также железнодорожные магистрали с интенсивным пассажирским движением и пригородные участки крупных промышленных центров.

В шестой пятилетке будет осуществлен первый этап этого плана технического перевооружения железнодорожного транспорта. Будет введено в действие 8 100 километров электрифицированных линий, или в 3,6 раза больше, чем в пятую пятилетку. В дополнение к существующему парку электровозов будет поставлено еще не менее 2 000, в том числе 400 сверхмощных восьмисильных электровозов, каждый мощностью в 5 700 лошадиных сил.

В шестой пятилетке будут электрифицированы важнейшие магистрали, связывающие центр страны с Уралом, Сибирью, Донбассом. Таковы железнодорожные линии из Москвы на Сибирь через Куйбышев и Урал, из Москвы на Донбасс через Харьков. Электрифицируются также железнодорожные линии Промышленная — Белово, Ясиноватая — Пятихатка, Белореченская — Сочи — Сухуми. Весь Московский железнодорожный узел будет полностью электрифицирован. Значительно увеличивается применение электроэнергии и для автоматизации транспорта — 18 тысяч стрелок оборудуются электроцентрализацией, примерно 15 тысяч километров железнодорожных путей оснащаются автоблокировкой, диспетчерской централизацией и автостопами.

Электрификация железнодорожного транспорта значительно повысит экономичность его работы, позволит сэкономить огромные количества высококачественного топлива, будет содействовать выполнению плана грузооборота, который за пятилетие возрастет на 400 с лишним миллиардов тонно-километров, что равно примерно грузообороту всех наших железных дорог в 1940 году.

В шестой пятилетке резко возрастет электрификация коммунального хозяйства и быта трудящихся. Значительно увеличится потребление электроэнергии городским транспортом, прачечными, банями. Большое количество электроэнергии будут потреблять телевизоры и радиоприемники, домашние холо-



дильники и стиральные машины, пылесосы и другие бытовые электроприборы.

Для удовлетворения все возрастающих потребностей народного хозяйства в электроэнергии *шестым пятилетним планом намечено довести выработку электроэнергии в 1960 году до 320 миллиардов киловатт-часов*, что составляет 188 процентов по отношению к 1955 году. Выработка такого огромного количества электроэнергии явится крупным шагом на пути решения основной экономической задачи СССР.

Как указывалось выше, рост производства электроэнергии более быстрыми темпами, чем рост производства промышленной продукции, — один из важнейших принципов ленинской теории электрификации страны. Однако до сих пор, как отмечал Н. С. Хрущев в отчетном докладе ЦК КПСС XX съезду партии, мы еще не добились того, чтобы рост энергетических мощностей опережал развитие всего народного хозяйства. Поэтому на шестую пятилетку запланировано увеличение выработки электрической энергии на 88 процентов, тогда как общий рост промышленной продукции за пятилетие составит примерно 65 процентов. Рост производства электроэнергии темпами, опережающими темпы роста промышленной продукции страны, даст возможность удовлетворять потребности народного хозяйства и населения в электроэнергии и создать необходимые резервы мощностей. Опережающие темпы производства электроэнергии означают дальнейший рост энерговооруженности нашего народного хозяйства, развитие передовой современной техники, неразрывно связанной с широким применением электричества.

Развитие электроэнергетики в шестой пятилетке, намного превосходящее масштабы развития электрохозяйства в пятом пятилетии, будет совершаться темпами, превышающими темпы ее развития в пятой пятилетке. Если в пятой пятилетке среднегодовой прирост выработки электроэнергии составлял примерно 12 процентов, то в шестой пятилетке он составит около 14 процентов. При этом надо помнить, что в количественном отношении каждый процент прироста в шестой пятилетке в 2 раза больше процента прироста в пятой пятилетке.

Мы не случайно привлекаем внимание к вопросу о темпах развития нашего электроэнергетического хозяйства. За короткий исторический срок, используя преимущества социалистической системы народного хозяйства, советский народ в области электрификации прошел путь, на который передовые капиталистические страны тратили многие десятилетия. В этой связи интересно указать, что такому государству, как США потребовалось 10 лет, чтобы увеличить выработку электрической энергии со 161 миллиарда до 336 миллиардов киловатт-часов, в то время как Советский Союз пройдет этот путь за пять лет — с 1956 по 1960 год. *В этих исключительно высоких тем-*

*пах развития нашего электроэнергетического хозяйства заложена основа для решения задачи — догнать и перегнать передовые капиталистические страны по производству электроэнергии на душу населения.*

Огромный рост нашего электроэнергетического хозяйства сопровождается все более значительными качественными изменениями в его структуре: 320 миллиардов киловатт-часов — это не только увеличение нашей электровооруженности почти в 2 раза, но и включение в энергетику страны огромных гидроэлектрических централей, сооружаемых на могучих реках Восточной Сибири и в бассейне Волги, и мощных атомных электростанций.

*Значительно возрастает удельный вес электроэнергии, вырабатываемой на гидроэлектростанциях.* Если прирост выработки электроэнергии по СССР в целом за пять лет составит 88 процентов, то прирост выработки гидроэнергии достигнет 155 процентов. Выработка гидроэлектроэнергии в 1960 году будет равна 59 миллиардам киловатт-часов, или 18,4 процента от суммарной выработки на всех электростанциях СССР. Для обеспечения такой выработки гидроэлектроэнергии осуществляется широкая программа гидроэнергетического строительства. Мощность гидроэлектростанций возрастает за 5 лет в 2,7 раза. Общая мощность ГЭС, вводимых в 1956—1960 годах, превысит 10 миллионов киловатт, причем в шестой пятилетке мы будем сооружать в основном не изолированные гидростанции, а целые каскады, использующие энергию всей реки.

Еще в довоенные годы началось комплексное использование Волги. Теперь уже действуют пять ступеней Волжского каскада, из них Горьковская ГЭС полностью вступает в эксплуатацию в 1956 году. В шестой пятилетке войдут в строй все 20 турбин Куйбышевской ГЭС общей мощностью в 2,1 миллиона киловатт и Сталинградская ГЭС мощностью в 2,3 миллиона киловатт. Только последние две гигантские гидроэлектростанции будут давать ежегодную экономию угля в 10 миллионов тонн. Куйбышевская ГЭС будет вырабатывать в средний по водности год 11,4 миллиарда киловатт-часов электроэнергии. Куйбышевское водохранилище будет самым большим на Волге: площадь его составит почти 5 500 квадратных километров, а подпор воды распространится до Чебоксар. Сталинградская гидроэлектростанция будет крупнейшей среди установок Волжского каскада и вместе с тем самой экономичной. Водохранилище станции протянется на 620 километров и будет иметь емкость в 33,5 миллиарда кубометров воды.

В шестой пятилетке начинается строительство еще двух мощных гидроузлов, входящих в комплекс Большой Волги — Саратовской ГЭС мощностью в 1 миллион киловатт и Чебоксарской ГЭС мощностью около 800 тысяч киловатт. На Саратовской ГЭС, расположенной между Куйбышевской и Сталин-

градской станциями, вблизи города Балаково, предусматривается установка 16 гидроагрегатов. Гидростанция будет третьей по мощности установкой на Волге. С окончанием строительства Саратовского гидроузла уровень воды в Волге поднимется в районе строительства на 18 метров. Будет создано водохранилище протяженностью более 350 километров и емкостью до 15 миллиардов кубометров воды. Судоходные условия на этом участке Волги значительно улучшатся.

На реке Каме в шестой пятилетке будет завершено на полную мощность сооружение Камской и Воткинской гидроэлектростанций. Камская (Молотовская) ГЭС будет в основном закончена в 1956 году. Весной этого года уровень воды в Камском водохранилище поднимается до проектной отметки. Первые турбины Воткинской ГЭС должны вступить в эксплуатацию в 1959 году, а всего здесь будет установлено 6 турбин по 90 тысяч киловатт каждая. Строителям Воткинской ГЭС предстоит выполнить 40 миллионов кубометров земляных работ, уложить 2 миллиона кубометров бетона и железобетона, что вдвое превышает объем работ по Камской ГЭС. В шестой пятилетке будет начато сооружение еще одной гидростанции на Каме — Нижне-Камской ГЭС мощностью около 900 тысяч киловатт. Камские гидроэлектростанции будут подключены к Уральской энергосистеме, а в дальнейшем и к единой энергосистеме европейской части СССР и должны сыграть большую роль в обеспечении электроэнергией развитой промышленности Урала.

Себестоимость энергии волжских и камских гидростанций будет исключительно низкой. На крупнейших из них — Куйбышевской и Сталинградской — стоимость киловатт-часа будет менее 1,5 копейки, то есть в 4—5 раз ниже себестоимости энергии, вырабатываемой на тепловых электростанциях в районах Поволжья и Центра. Осуществление Волжско-Камского каскада позволит дать стране примерно 50 миллиардов киловатт-часов дешевой гидроэлектроэнергии. Это означает ежегодную экономию каменного угля около 25 миллионов тонн. Значительно улучшится судоходство на этих реках. Большие перспективы открываются и для орошения засушливых районов Заволжья от волжских водохранилищ.

На второй по мощности реке европейской части СССР — Днепре уже действуют две гидростанции. Днепровская ГЭС имени Ленина уже около 25 лет снабжает электроэнергией Южную энергосистему. В последнем году пятой пятилетки досрочно вступила в эксплуатацию первая очередь Каховской ГЭС. В шестой пятилетке продолжается строительство Днепровского каскада. Будет закончено сооружение Каховской ГЭС, построены и введены в эксплуатацию еще два гидроузла на Днепре — Кременчугская ГЭС мощностью 450 тысяч киловатт с крупным водохранилищем площадью 2 500 квадратных километров и Днепродзержинская ГЭС мощностью 250 тысяч



киловатт, начнется строительство Каневской ГЭС. Огромное водохранилище, создаваемое плотиной Кременчугской ГЭС, будет иметь емкость в 15 миллиардов кубометров. Оно не только значительно улучшит условия судоходства на Днепре, но и позволит за счет регулирования стока воды улучшить работу Днепровской, Каховской и Днепродзержинской ГЭС.

Строительство гидроэлектростанций на Днепре и на других реках Украины имеет большое народнохозяйственное значение, так как позволяет заменить дорогостоящие донецкие угли дешевой гидроэнергией. Помимо освоения бассейнов Волги и Днепра в шестой пятилетке в европейской части СССР войдут в строй Каунасская ГЭС на Немане, в Литве, Витебская ГЭС на Западной Двине в Белорусской ССР, несколько гидроэлектростанций в Карело-Финской ССР и др. В Грузинской ССР заканчивается сооружение каскада гидроэлектростанций на реке Риони, где строятся Гуматские и Ладжанурская ГЭС. Кроме того, будет сооружена ХрамГЭС № 2 на реке Храми, Ткибульская ГЭС и приступлено к сооружению Дарьяльской гидроэлектростанции на реке Терек. В Азербайджане будет начато строительство новой мощной гидроэлектростанции на реке Куре, в Армении будет завершено строительство гидроэлектростанций Севано-Разданского каскада и начнется сооружение Татевской ГЭС. В далеком Таджикистане на второй по мощности реке Средней Азии — Сыр-Дарье сооружается Кайрак-Кумская ГЭС, которая даст электрическую энергию и одновременно сыграет большую роль в развитии ирригации в Таджикистане и Узбекистане.

Характерной особенностью гидроэнергетического строительства в шестой пятилетке является его движение на Восток, где сосредоточено 80—90 процентов запасов гидроэнергии СССР. Водоносность каждого из трех водных бассейнов Сибири — Обь-Иртышского, Ленского и Ангаро-Енисейского — намного превышает водоносность бассейна Волги. На реках Сибири можно соорудить гидроэлектростанции мощностью в несколько десятков миллионов киловатт. При этом в силу лучших геологических и гидрологических условий строительства гидроэлектростанций стоимость установленного киловатта на большинстве сибирских гидроэлектростанций значительно ниже, чем на гидроэлектростанциях, расположенных в центральных районах страны. Соответственно и стоимость гидроэлектроэнергии на сибирских реках будет также ниже стоимости гидроэнергии на других реках.

Сверхмощные гидроцентрали Восточной Сибири дадут огромные количества дешевой энергии, которая послужит основой для хозяйственного расцвета Восточной Сибири, превращения ее в крупнейшую базу Советского Союза по добыче угля и выплавке металла, в основную базу теплоемких и энергоемких производств, особенно производства алюминия, магния и титана, а также электрометаллургии, углехимии и электрохимии, машиностроения. В дальнейшей перспективе огромные

гидроэлектростанции Сибири войдут в единую энергетическую систему Советского Союза.

Колоссальные запасы гидроэнергетических ресурсов, таящиеся в бурных потоках сибирских рек, начиная с шестой пятилетки включаются в энергетический баланс страны. Уже начаты большие работы по освоению реки Ангары. Ангара, вытекающая из самого глубоководного озера в мире — озера Байкал (в которое впадает свыше трехсот рек, а вытекает лишь одна Ангара), на протяжении 1 800 километров имеет падение почти в 300 метров. Многоводность реки, большой перепад и возможность многолетнего регулирования за счет величайшего естественного водохранилища — озера Байкал — всегда привлекали к себе внимание наших энергетиков. Каскад гидроэлектростанций на Ангаре обеспечивает ежегодную выработку электроэнергии около 70 миллиардов киловатт-часов.

В первом году шестой пятилетки вступает в строй действующих электростанций Иркутская ГЭС, первенец энергетического использования Ангары. Мощность этой установки будет составлять 660 тысяч киловатт. Потребовалось бы соорудить десять Волховских гидроэлектростанций для того, чтобы достичь мощности этой первой, наименее мощной установки на Ангаре. Водохранилищем для этой станции будет служить озеро Байкал. Для пропусков судов намечается сооружение двухкамерного судоходного шлюза.

Вниз по течению Ангары, недалеко от грозных Падунских порогов начато строительство одной из крупнейших в мире гидроэлектростанций — Братской мощностью в 3 миллиона 200 тысяч киловатт с годовой выработкой электроэнергии в 22 миллиарда киловатт-часов. Только одна эта гидроэлектростанция будет ежегодно вырабатывать электроэнергии больше, чем все электростанции СССР вырабатывали в 1934 году. В машинном здании Братской ГЭС будут установлены самые крупные в мире гидротурбины, каждая мощностью в 200—250 тысяч киловатт. Мощность каждого из этих агрегатов превосходит мощность всех гидроэлектростанций СССР в 1927 году.

Первая очередь Братской гидроэлектростанции будет введена в работу в шестой пятилетке и даст народному хозяйству Сибири большое количество дешевой энергии. Следует отметить, что стоимость сооружения Братской ГЭС будет в 2 раза меньше стоимости сооружения Куйбышевской и Сталинградской ГЭС, вместе взятых, хотя Братская ГЭС даст стране электроэнергии столько же, сколько дадут эти две станции. Ежегодная стоимость вырабатываемой электроэнергии на Братской ГЭС будет на 200 миллионов рублей меньше, чем на этих двух волжских гидроэлектростанциях.

Огромные количества дешевой электроэнергии, которые дадут Ангарские гидроэлектростанции, вызовут великие перемены на бескрайних просторах Сибири. Здесь возникнут оснащенные

новой техникой энергоемкие производства, будет проведена электрификация транспорта и сельского хозяйства. По высоковольтным линиям электроэнергия будет передаваться в Иркутско-Черемховский и Красноярский промышленные районы. В дальнейшем Ангарские гидроэлектростанции соединятся с Енисейскими гидроцентралями.

Первенцем Енисейских гидроцентральных явится начатая строительством Красноярская ГЭС. Мощность этой гидроэлектрической установки будет превышать даже мощность Братской гидроэлектростанции. Плотина Красноярской ГЭС образует громадное водохранилище емкостью в 180 миллиардов кубометров, то есть в 3,5 раза больше, чем «Куйбышевское море», создаваемое плотиной Куйбышевской ГЭС. Длина этого водохранилища составит свыше 400 километров. Уровень воды в Енисее поднимется около плотины до 100 метров.

На протяжении почти 4,5 тысячи километров несет свои бурные воды Иртыш — пятая по величине река среди огромных рек Сибири. Бассейн Иртыша, составляющий свыше 1,5 миллиона квадратных километров, превышает даже бассейн Волги, а длина Иртыша на тысячу километров больше длины Волги.

Иртышский каскад, первая установка которого — Усть-Каменогорская ГЭС пущена в эксплуатацию в пятой пятилетке, имеет исключительно большое значение для развития Рудного Алтая, который недаром называют «сокровищницей цветных металлов». Почти все элементы таблицы Менделеева представлены в этой кладовой природы. Алтай занимает первое место в СССР по запасам свинца, цинка, серебра, кадмия, лития, цезия. По запасам свинца и цинка Алтай стоит на третьем месте в мире. Рудники и шахты, фабрики и заводы Рудного Алтая требуют огромного количества электроэнергии, которое может быть получено за счет использования богатейших запасов энергии Иртыша.

Вблизи впадения в Иртыш горной реки Бухтармы воды стремительно проносятся по узкой долине среди скалистых уступов. Здесь и сооружается мощная Бухтарминская гидроэлектростанция.

Вслед за Усть-Каменогорской и Бухтарминской станциями в годы шестой пятилетки будет построена третья ступень Иртышского каскада — Шульбинская ГЭС. Эта станция будет сооружена вблизи села Старая Шульба в Семипалатинской области Казахской ССР. Шульбинская ГЭС — самая мощная в каскаде электростанций на Иртыше. Она не только будет служить источником электроэнергии — от ее водохранилища протянутся каналы для орошения свыше миллиона гектаров земли безводных степей Прииртышья.

В Казахстане на реке Или, в 70 километрах от столицы Казахской ССР — города Алма-Ата, будет сооружена Капчагайская ГЭС.

Плотина Капчагайской ГЭС создаст обширное водохранилище площадью до 2 тысяч квадратных километров. На электростанции будет установлено 4 турбины. Большая емкость водохранилища позволит регулировать работу гидростанции, а также даст возможность в любое время обеспечивать районы низовья реки водой для орошения. Сооружение Иртышских, Капчагайской и других гидростанций создает мощную энергетическую базу для развития народного хозяйства Казахстана.

Обратимся еще к одной сибирской реке — Оби, где будет построена Новосибирская гидроэлектростанция мощностью 400 тысяч киловатт и начато сооружение Каменской ГЭС мощностью 500 тысяч киловатт. Получение на Новосибирской ГЭС большого количества дешевой гидроэлектроэнергии позволит еще шире развить индустрию Западной Сибири, электрифицировать железнодорожный транспорт и сельскохозяйственное производство. Создание Обского водохранилища протяжением до 240 километров улучшит условия судоходства на Оби. Каменская ГЭС будет строиться вблизи города Камень, расположенного примерно в 200 километрах выше по реке от города Новосибирска. Эти две мощные станции будут началом каскада гидроэлектростанций на Оби, где представляется возможным соорудить в дальнейшем еще несколько крупных станций.

Величественный размах энергостроительства, охватывающего огромные территории страны от Заполярья до Закавказья и Средней Азии, от Белоруссии до Забайкалья, требует от строителей электростанций проведения большой работы по переходу на комплексную механизацию строительства, по упрощению конструктивных решений, внедрению сборного железобетона и блочного монтажа с тем, чтобы максимально повысить производительность труда и значительно сократить сроки строительства.

Исключительно большая программа намечена в области сооружения тепловых электростанций, остающихся и в шестой пятилетке основным источником энергоснабжения нашей страны. Осуществление этой программы позволит увеличить мощность тепловых станций в 2,2 раза при общем росте производства электроэнергии в 1,88 раза, что свидетельствует об увеличении резервов мощности на электростанциях. Тепловые станции будут сооружаться большой мощности, порядка 600—1200 тысяч киловатт, с установкой мощных агрегатов по 100, 150 и 200 тысяч киловатт.

Проведенные специалистами расчеты показывают, что укрупнение мощности агрегата дает большой экономический эффект. При переходе на мощные турбогенераторы значительно сокращается удельная стоимость 1 киловатта основного оборудования. Расходы на изготовление турбины мощностью в 200 тысяч киловатт только на 15—20 процентов выше расходов на изготовление турбины в 100 тысяч киловатт. Таким об-



разом, удельная стоимость 1 киловатта турбины в 200 тысяч киловатт на 40 процентов ниже, чем турбины в 100 тысяч киловатт. С другой стороны, удельный расход топлива более мощными машинами значительно меньше, а коэффициент полезного действия выше.

По своим размерам агрегаты мощностью в 200 тысяч киловатт только незначительно отличаются от агрегатов меньшей мощности, что дает экономию металла и труда при их изготовлении и площади при сооружении электростанций. Большое значение имеет тот факт, что во время строительства и монтажа трудовые затраты на машину удвоенной мощности только незначительно увеличиваются, что позволяет ввести в эксплуатацию примерно в тот же срок оборудование в 2 раза большей мощности.

Переход на установку мощных агрегатов является одним из важнейших условий, обеспечивающих быстрое наращивание энергетических мощностей и опережение таким образом темпов развития нашей промышленности.

На новых электростанциях будет последовательно проводиться наиболее рациональная блочная схема: котел — турбина, при которой для каждой турбины устанавливается отдельный котел соответствующей мощности.

Новые электростанции оснащаются оборудованием высокого давления. Широко будут применяться котлы с паром высокого давления в 130 атмосфер при температуре до 565 градусов. Впервые в шестой пятилетке будут освоены в промышленной эксплуатации турбинные блоки мощностью 200 тысяч киловатт на давление пара 220 атмосфер при температуре 600 градусов. Наша энергетическая промышленность в шестой пятилетке должна выпустить, а энергетика ввести в эксплуатацию рекордную турбину мощностью 300 тысяч киловатт в блоке со сверхмощными котлами на давление 300 атмосфер при температуре в 650 градусов, а также ряд опытных и промышленных газотурбинных электростанций.

Переход на высшую техническую ступень в применении пара высокого давления даст народному хозяйству большую экономию топлива. Подсчеты показывают, что переход к котлам с давлением пара в 170—200 атмосфер и температурой в 550—600 градусов обеспечивает по сравнению с котельными установками с параметрами пара в 90 атмосфер и 500 градусов экономию топлива примерно на 10—15 процентов, а переход к параметрам пара в 300 атмосфер и 650 градусов с двойным промежуточным перегревом позволяет сократить расход топлива примерно на 20 процентов.

Наряду со строительством новых, оборудованных современными машинами и приборами электростанций будет проведена *техническая реконструкция малоэкономичных тепловых электростанций* путем применения пара высоких параметров. Ввод

в эксплуатацию котлов высокого давления и модернизация действующих электростанций путем сооружения надстроек высокого давления и частичной реконструкции действующего оборудования, позволяют сократить в шестой пятилетке расход топлива на электростанциях и довести их экономические и технические показатели до уровня лучших показателей мировой энергетики.

Одним из существенных факторов экономии топлива является *дальнейшее развитие теплофикации*. В шестой пятилетке разворачивается строительство крупных теплоэлектроцентралей, сооружаемых, как правило, за чертой города, оборудованных мощными теплофикационными турбинами и снабжающих теплом потребителей, находящихся на расстоянии 10 километров и более. Особенно большие работы предстоят в области сооружения теплофикационных сетей. Директивы XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства прямо указывают на необходимость «ликвидировать отставание в строительстве тепловых сетей».

В результате модернизации действующих электростанций, сооружения мощных электростанций с крупными агрегатами, применения на новых электростанциях устройств, обеспечивающих более полную автоматизацию котлов и механизацию работ в шестой пятилетке будет значительно снижена численность персонала на электростанциях.

В шестой пятилетке, так же как и на протяжении всего развития электрификации страны, проводится широкое использование местных топливных ресурсов. Намеченные к строительству тепловые электростанции сооружаются на местных сортах угля, сланцах и природном газе вблизи от мест добычи топлива. Все московские электростанции, например, будут переведены до 1960 года на природный газ.

*Огромное значение в шестой пятилетке приобретает строительство мощных атомных электростанций*, использующих энергию атомного ядра. День 27 июня 1954 года можно считать первым днем новой эры в развитии энергетики. В этот день вступила в строй первая в мире атомная электростанция, вырабатывающая электроэнергию за счет деления ядер урана. Эксплуатация атомной электростанции полностью подтвердила возможность использования энергии, получаемой при ядерной реакции, для стационарного энергоснабжения.

Стоимость 1 киловатт-часа электроэнергии на атомных станциях уже на первом этапе развития атомной энергетики близка к стоимости энергии, производимой на тепловых станциях. Несомненно, что в ближайшем будущем стоимость электроэнергии на атомных станциях снизится как за счет дальнейшего совершенствования их работы, полной автоматизации производственных процессов, так и за счет снижения топливной составляющей себестоимости электроэнергии.

В течение шестой пятилетки будут построены атомные электростанции общей мощностью в 2—2,5 миллиона киловатт, то есть в полтора раза больше мощности всех электростанций, намеченных к строительству ленинским планом ГОЭЛРО на 10—15 лет, и значительно больше мощности всех электростанций дореволюционной России. Атомные электростанции будут сооружаться в первую очередь в районах, не имеющих собственной топливной базы. Это позволит разгрузить транспорт от перевозок огромного количества топлива. На Урале будут сооружены две крупные атомные электростанции общей мощностью в 1 миллион киловатт, и одна атомная электростанция в 400 тысяч киловатт будет построена под Москвой с подключением ее к Московской энергетической системе.

Разрешение вопросов, связанных с использованием атомной энергии на мощных электростанциях и их работы в энергосистемах, даст возможность в дальнейшем еще шире развивать атомную энергетику. Использование энергии атомного распада, а в дальнейшем и атомного синтеза открывает практически неограниченные возможности для энергоснабжения человечества. В то время как поджигатели войны угрожают миру атомной бомбой и строят атомные подводные лодки и военные самолеты, советский народ выдвигает величественную программу мирного использования атомной энергии на благо социалистической Родины.

В шестой пятилетке будет осуществлена давнишняя мечта энергетиков о создании единой энергетической системы европейской части СССР путем объединения Куйбышевской и Сталинградской ГЭС с Центральной, Южной и Уральской энергосистемами. Огромные мощности, сосредоточенные в этой объединенной системе, потребуют применения линии передач в 400 киловольт. Выработка энергии на электростанциях, объединенных в единую систему европейской части СССР, составит в 1960 году около половины всей электрической энергии, производимой в Советском Союзе.

В шестой пятилетке развернутся также работы и по созданию единой энергетической системы Центральной Сибири — от Иркутска до Новосибирска. Она возникнет и получит дальнейшее развитие на базе мощных и высокоэкономичных гидроэлектростанций на Ангаре, Енисее, Оби, Иртыше и мощных тепловых электростанций, работающих на углях Кузнецкого, Черемховского и других сибирских угольных месторождений.

В шестой пятилетке будут объединены также Грузинская, Азербайджанская и Армянская энергосистемы, которые в дальнейшем наряду с Северо-западной энергетической системой будут включены в единую энергетическую систему европейской части СССР.

Объединение электростанций и целых систем дает большой технико-экономический эффект, который хорошо можно иллю-

стрировать примером Куйбышевской гидроэлектростанции. Если бы она была рассчитана только на работу в местной Средневожской системе и если бы не имелось в виду сооружение линии электропередачи, связывающей ее с Москвой, с районами Урала и Юга, то установленную мощность станции в 2,1 миллиона киловатт пришлось бы значительно уменьшить. А это привело бы к непроизводительному сбросу воды через плотину, к неполному использованию гидроэнергетических ресурсов. Пришлось бы увеличить выработку электроэнергии на тепловых электростанциях в других районах, увеличив соответственно расход топлива.

При этом резко возросли бы капиталовложения на установленный киловатт мощности, увеличилась бы себестоимость одного киловатт-часа электроэнергии, вырабатываемой Куйбышевской гидроэлектростанцией.

Особенно выгодно, когда в энергетическую систему включаются гидроэлектростанции, расположенные на реках с различными гидрологическими режимами, когда не совпадают сезоны максимальных и минимальных расходов воды, сроки прохождения паводков, повторяемость маловодных и многоводных лет. При включении такой группы гидроэлектростанций в энергетическую систему эти различия выравниваются и тем самым повышается гарантированная мощность, создаются более благоприятные условия для наиболее выгодного расходования воды из водохранилищ, расположенных на различных реках.

Дальнейшее развитие работ по электрификации страны приведет к соединению единой энергетической системы Сибири с единой энергетической системой европейской части СССР. Так возникнет единая высоковольтная сеть СССР — ЕВС.

Трудно переоценить огромное народнохозяйственное значение создания ЕВС, охватывающей миллионы квадратных километров необъятных пространств Советского Союза. Централизация и автоматизация управления этой системой позволит в десятки раз повысить производительность труда на электростанциях. Во много раз сократится количество резервных агрегатов и электростанций. Электростанции с различным режимом работы, зависящие от непостоянства мощности энергетических ресурсов, будут взаимно дополнять друг друга. Сгладится неравномерность в режиме потребления электроэнергии.

Огромное преимущество единой энергетической системы будет состоять и в том, что она обеспечит наилучшее сочетание и использование различных видов энергетических ресурсов и энергетического оборудования, наибольшую маневренность и экономичность энергетической базы народного хозяйства.

Развитие энергетики связано с решением сложных научно-технических проблем. Особенно сложные проблемы возникают в связи с перспективой создания единой энергетической системы СССР.

Особой важности задачи возникают в связи с передачей энергии огромной мощности на дальние расстояния. В результате научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ создан новый класс передачи, первым примером которого служит линия Москва — Куйбышев напряжением в 400 тысяч вольт.

Однако это далеко не единственно возможное решение вопроса. Возникают новые научно-технические задачи, связанные с освоением нового, более высокого класса электропередачи. Для передачи электрической энергии на очень большое расстояние целесообразно применять постоянный ток высокого напряжения. Линия передачи Сталинградская ГЭС — Донбасс, которая свяжет в шестой пятилетке две энергетические системы, позволит накопить ценный опыт в этом новом, весьма перспективном деле.

Сложные задачи возникают в области управления единой энергетической системой, мощность которой будет измеряться многими десятками миллионов киловатт, а протяженность составит многие тысячи километров. Все управление ею должно быть полностью автоматизировано. Широкое применение найдут тут счетно-решающие устройства, связанные телемеханическими системами с автоматическими «операторами», установленными на электростанциях и подстанциях. Автоматические «операторы» будут пускать и останавливать агрегаты, включать и отключать линии передач, регулировать частоту, напряжение, потоки мощности по линиям, распределять мощности между станциями и агрегатами. Новейшие счетно-решающие устройства, обладая огромной скоростью вычислений, смогут поддерживать систему в заданном, наиболее выгодном режиме и автоматически обеспечивать бесперебойное электроснабжение, оперативно маневрируя огромными резервами.

Единая энергетическая система СССР, крупный шаг по пути к осуществлению которой будет сделан в шестой пятилетке, ознаменует собой новый важный этап, в создании производственно-технической базы коммунизма, в выполнении заветов великого Ленина.

Величественны перспективы электрификации народного хозяйства Советского Союза.

Советский народ под мудрым водительством Коммунистической партии претворяет в жизнь великую ленинскую идею электрификации всей страны и уверенно идет вперед к победе коммунизма.

60 коп.

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»  
ВСЕСОЮЗНОГО ОБЩЕСТВА ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ  
ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ**

**ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА  
НА БРОШЮРЫ-ЛЕКЦИИ  
на 2-е полугодие 1956 года**

**Первая, общественно-политическая серия** — 40 брошюр-стенограмм лекций по вопросам истории КПСС, истории СССР, всеобщей истории.

**Вторая, общественно-политическая серия** — 56 брошюр-стенограмм лекций по вопросам диалектического и исторического материализма, истории философии, психологии, политической экономии, государства и права, а также на педагогические и научно-атенетические темы.

**Третья, естественно-научная серия** — 52 брошюры-стенограммы лекций по вопросам биологии, медицины, геологии, географии, химии, физики, математики и астрономии.

**Четвертая, научно-техническая серия** — 40 брошюр-стенограмм лекций по вопросам техники, истории технических открытий и изобретений, о передовом производственном опыте, о наиболее выдающихся работах в области научно-технического прогресса в СССР.

**Пятая, сельскохозяйственная серия** — 36 брошюр-стенограмм лекций по вопросам экономики сельского хозяйства, о достижениях советской сельскохозяйственной науки, об опыте новаторов и передовиков сельского хозяйства.

**Шестая серия** — литература и искусство. 24 брошюры-лекции по советской и русской классической литературе, литературе народов СССР и зарубежной литературе, по искусству и отдельным вопросам литературоведения, языкознания и эстетики.

**Седьмая серия** — вопросы международной жизни. 32 брошюры-лекции о внешней политике СССР, стран народной демократии, о внешней политике и внутреннем положении капиталистических государств, о современных международных отношениях, борьбе за мир и безопасность, о рабочем демократическом и национально-освободительном движении.

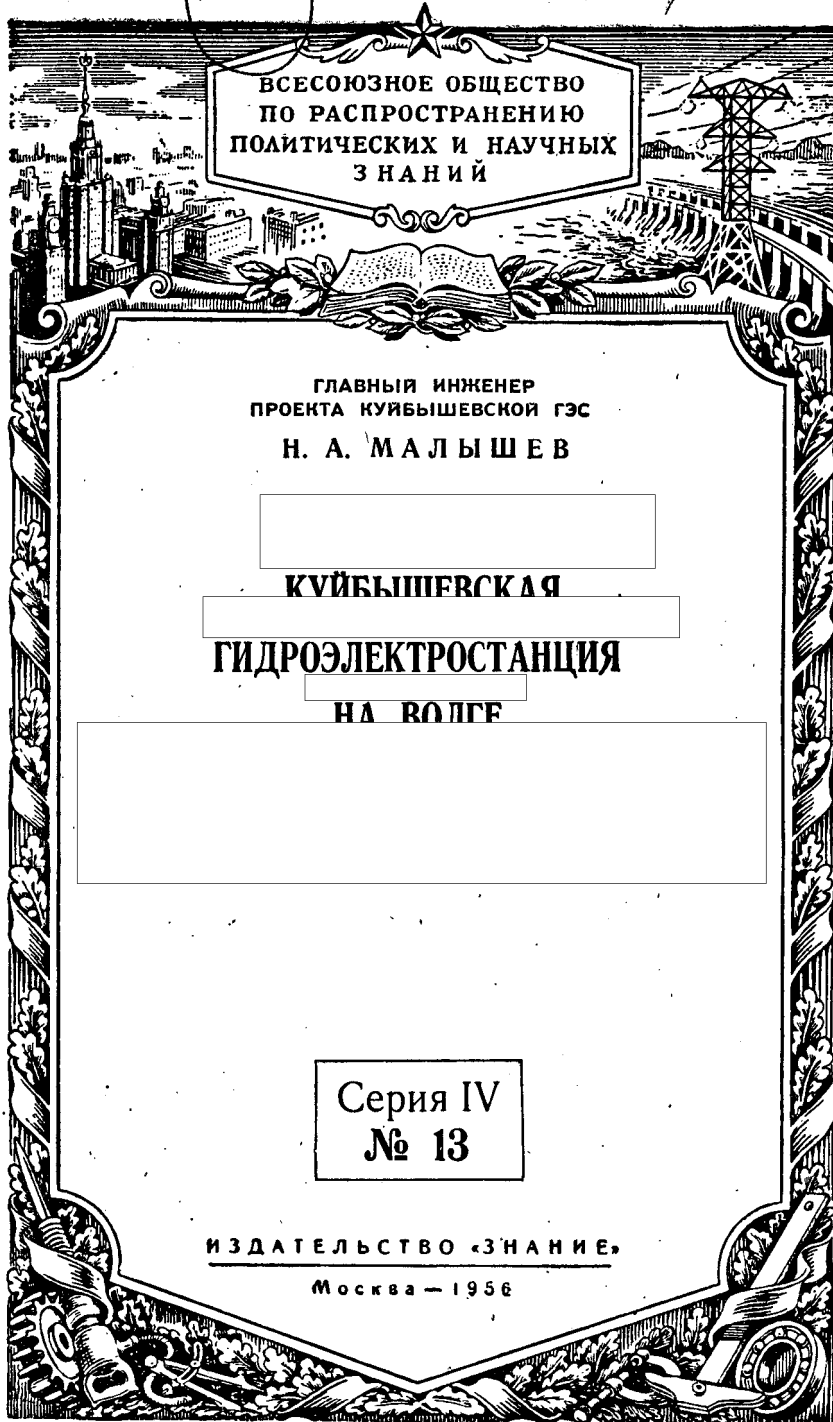
**ПОДПИСНЫЕ ЦЕНЫ:**

Серия	На год		На полгода		На квартал	
	колич. лекций	сумма	колич. лекций	сумма	колич. лекций	сумма
Первая . . . . .	40	24 р.	20	12 р.	10	6 р.
Вторая . . . . .	56	33 р. 60 к.	28	16 р. 80 к.	14	8 р. 40 к.
Третья . . . . .	52	31 р. 20 к.	26	15 р. 60 к.	13	7 р. 80 к.
Четвертая . . . . .	40	24 р.	20	12 р.	10	6 р.
Пятая . . . . .	36	18 р.	18	9 р.	9	4 р. 50 к.
Шестая . . . . .	24	12 р.	12	6 р.	6	3 р.
Седьмая . . . . .	32	19 р. 20 к.	16	9 р. 60 к.	8	4 р. 80 к.

Подписка принимается городскими и районными отделами «Союзпечать», конторами, отделениями и агентствами связи, почтальонами, а также общественными уполномоченными по подписке на фабриках и заводах, в совхозах и колхозах, в учебных заведениях и учреждениях.

*Издательство «ЗНАНИЕ»*

В) (B)



25X1

25X1

25X1

25X1

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

---

Главный инженер  
проекта Куйбышевской ГЭС  
Н. А. М А Л Ы Ш Е В

КУЙБЫШЕВСКАЯ  
ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ  
НА ВОЛГЕ

Стенограмма публичной лекции,  
прочитанной в Центральном  
лектории Общества в Москве

---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

---

Москва



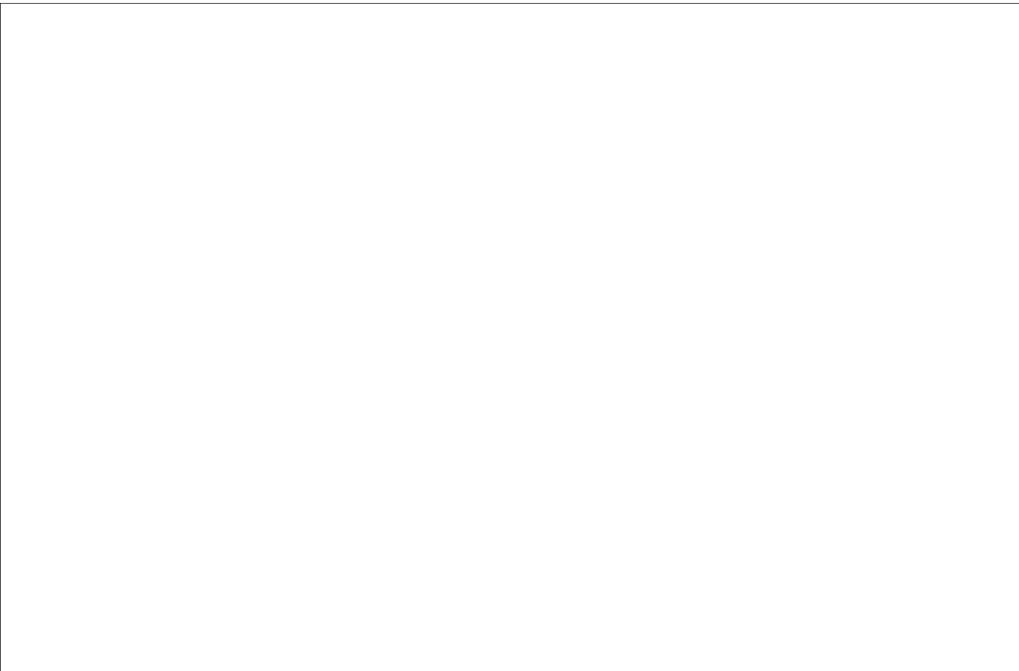
1956



СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Введение . . . . .	3
Организация проектных, изыскательских и научно-исследовательских работ . . . . .	6
Куйбышевская ГЭС — шестая ступень Волжского каскада . . . . .	7
Народнохозяйственное значение Куйбышевской ГЭС . . . . .	12
Природные условия района строительства . . . . .	14
Сооружения гидроузла . . . . .	15
Куйбышевское водохранилище . . . . .	19
Производство работ по строительству Куйбышевской ГЭС . . . . .	22
Перекрытие русла Волги и строительные работы в пусковой период . . . . .	26

25X1



### Введение

Пуск в промышленную эксплуатацию мощной Куйбышевской гидроэлектростанции на Волге, первый агрегат которой был включен в сеть 29 декабря 1955 года, в установленный Правительством СССР срок, является крупным достижением советской гидроэнергетики.

Куйбышевская ГЭС даст промышленности и сельскому хозяйству нашей страны большое количество дешевой электрической энергии и значительно улучшит условия судоходства на Волге.

Создание этой крупнейшей гидроэлектростанции стало возможным благодаря тому, что с первых лет Советской власти Коммунистическая партия и лично В. И. Ленин уделяли огромное внимание электрификации народного хозяйства, видя в ней материальную базу коммунизма.

Известная ленинская формула «Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны» исключительно правильно определяет значение энергетики для построения коммунистического общества.

Ленинский план электрификации страны (ГОЭЛРО), созданный в тяжелый для молодого Советского государства 1920 год, предусматривал строительство 30 электростанций общей мощностью 1 750 тыс. *квт.* В том числе предполагалось построить десять гидроэлектростанций мощностью 640 тыс. *квт.* Общая выработка электроэнергии должна была равняться 8,8 млрд. *квт-ч* в год.

В плане ГОЭЛРО было положено начало комплексному использованию водных ресурсов — намечалось сооружение первой крупной гидроэлектростанции — Волховского гидроузла. Волховский гидроузел обеспечил бесперебойное снабжение электроэнергией Ленинграда и промышленных предприятий северо-западного района страны. Одновременно были ликвидированы опасные для судоходства Гостинопольские пороги и создан сплошной глубоководный путь по всей реке до озера Ильмень.

В 1931 году план ГОЭЛРО был перевыполнен, и к 1935 году СССР по производству электрической энергии занял третье место в мире, обогнав такие мощные капиталистические страны, как Англия, Франция, Италия, Япония. (Напомним, что в 1913 году Россия по производству электроэнергии была на пятнадцатом месте в мире).

Дальнейшее развитие гидроэнергетического строительства проходило в период первых пятилеток, когда были построены Нижне-Свирская гидроэлектростанция на Свири, Земо-Авчалская в Закавказье на Куре и крупнейшая в Европе Днепровская — Днепрогэс имени В. И. Ленина, водохранилище которой перекрыло знаменитые днепровские пороги и позволило создать новый глубоководный путь, связывающий Белоруссию и Северную Украину с Южной Украиной и с Черным морем.

Гидроэлектростанции обладают рядом преимуществ по сравнению с тепловыми электростанциями. Они могут почти мгновенно включаться в работу и набирать полную мощность. не требуют топлива, работают с минимальным количеством персонала. Работа их может быть полностью автоматизирована.

По ориентировочным подсчетам, на наших реках можно построить гидроэлектростанции, которые дадут 1 700 млрд. *квт-ч* электрической энергии в год, то есть примерно в 10 раз больше, чем вырабатывают сейчас все тепловые и гидроэлектрические станции страны.

Потенциальная мощность гидроэлектростанций, которые могут быть построены в СССР, достигает 345 млн. *квт*, тогда как возможная мощность гидроэлектростанций США равна 91. Канады — 54 и Франции — 8,9 млн. *квт*.

Директивами XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1956—1960 годы предусматривается широкое развитие энергетики.

За пятилетие предполагается увеличить общую мощность турбинных электростанций примерно в 2,2 раза, гидроэлектростанций — в 2,7 раза и довести выработку электрической энергии всех электростанций к 1960 году до 320 млрд. *квт-ч* в год. или до 225% к ее производству в 1955 году; в том числе будет выработано 59 млрд. *квт-ч* гидроэлектроэнергии.

В течение текущего пятилетия закончится строительство Куйбышевской и Сталинградской гидроэлектростанций на Волге, развернется строительство Саратовской ГЭС мощностью 1 млн. *квт*, завершится строительство Воткинской гидроэлектростанции на Каме мощностью 540 тыс. *квт*. Будет приступлено к строительству Нижне-Камской гидроэлектростанции мощностью около 900 тыс. *квт* и Чебоксарской гидроэлектростанции на Волге мощностью около 800 тыс. *квт*.

Намечено также построить и ввести в действие крупные

гидроэлектростанции на Днепре — Кременчугскую ГЭС мощностью 450 тыс. *квт* и Днепродзержинскую ГЭС мощностью 250 тыс. *квт*.

Опыт, накопленный советскими гидростроителями на постройке Днепрогэс, Цимлянской, Горьковской, Куйбышевской и других гидроэлектростанций в европейской части СССР, позволил перейти к строительству крупнейших гидроэлектростанций в восточных районах страны. В шестом пятилетии намечено ввести в действие на Ангаре Иркутскую гидроэлектростанцию мощностью 660 тыс. *квт*, первую очередь Братской гидроэлектростанции, полная проектная мощность которой составит 3 млн. 200 тыс. *квт*, и Новосибирскую гидроэлектростанцию на Оби мощностью 400 тыс. *квт*, а также приступить к строительству Красноярской гидроэлектростанции на Енисее мощностью 3 млн. 200 тыс. *квт* и Каменской гидроэлектростанции на Оби мощностью 500 тыс. *квт*. Большинство из этих гидроэлектростанций характеризуется высоким использованием водных ресурсов, благодаря образованию больших по объему водохранилищ, позволяющих осуществлять регулирование речного стока.

На базе крупнейших гидроэлектростанций создается мощная энергетическая система в европейской части СССР (ЕВС), которая объединит энергосистемы Центра, Юга и Урала. Одновременно развернутся работы по созданию единой энергетической системы Центральной Сибири, основой которой будут грандиозные гидроэлектростанции на Иртыше, Оби, Енисее, Ангаре и других реках.

Постройка крупных гидроузлов на Волге, Каме, Днепре и других реках даст возможность закончить работы по образованию единой глубоководной транспортной системы в европейской части СССР, позволяющей производить транзитные перевозки грузов из одних районов страны в другие. После постройки крупных, регулирующих сток водохранилищ значительно возрастут судоходные глубины на реках Сибири — Иртыше, Оби, Енисее и Ангаре. Это позволит увеличить грузооборот речного транспорта примерно на 80%.

Донецкий уголь из построенного в районе устья Северного Донца Усть-Донецкого порта будет доставляться в центральные, северо-западные и северо-восточные районы европейской части страны преимущественно водой: в Москву — по Волго-Донскому каналу имени Ленина, Волге и каналу имени Москвы, на северо-запад — по Волго-Балтийскому водному пути, на северо-восток — по глубоководной Каме. С Камы будет поступать лес к южным промышленным центрам страны. Значительно возрастут перевозки по водным путям руды, хлеба, минерально-строительных материалов и других грузов.

Крупнейшие сормовские дизельэлектроходы по Волго-Балтийскому водному пути и каналу имени Москвы из Ленинграда

и Москвы будут сходиться в Рыбинском водохранилище, чтобы затем по Волге, Волго-Донскому судоходному каналу имени В. И. Ленина, Цимлянскому водохранилищу и Нижнему Дону дойти до ростовского порта, спуститься на юг по Азовскому и Черному морям и подойти к берегам Крыма и Кавказа.

Крупные гидротехнические работы, проводимые сейчас на реках Сибири, могут в дальнейшем завершиться соединением бассейна Волги с бассейнами Оби и Енисея.

Увеличение выработки электрической энергии позволит всемерно развивать электроемкие производства, механизировать и полностью автоматизировать большинство производственных процессов на фабриках и заводах, на транспорте и в сельском хозяйстве.

В свете задач, поставленных перед советскими гидростроителями в шестом пятилетии, опыт сооружения крупнейшей Куйбышевской гидроэлектростанции на Волге представляет особое значение.

#### **Организация проектных, изыскательских и научно-исследовательских работ**

Проектирование Куйбышевской гидроэлектростанции производилось Гидропроектом Министерства электростанций. Ко времени начала работ по проектированию мощной Куйбышевской ГЭС у этой организации был накоплен большой опыт по проектированию гидротехнических сооружений, так как этим коллективом были запроектированы Беломорско-Балтийский канал имени И. В. Сталина, канал имени Москвы, Угличский и Щербаковский гидроузлы на Волге, Волго-Донской судоходный канал имени В. И. Ленина, Цимлянский гидроузел и ряд других сооружений.

Гидропроект вел также и все изыскательские исследовательские работы по гидроузлу. К исследовательской работе по целому ряду гидравлических и электротехнических проблем были привлечены институты Москвы, Ленинграда и Еревана.

По транспортному освоению водохранилищ, переносу строений и обвалованию городов проектные и строительные работы вели заинтересованные министерства силами своих организаций. Всего таких организаций было до семидесяти. Для обоснования проекта были выполнены большие геологические, топографические и гидрологические работы, а также целый ряд специальных исследований, необходимых для строительства такого мощного гидроузла.

В лаборатории Гидропроекта в городе Тушино были проведены большие гидравлические исследования: изучались в различных масштабах модели гидроузла и отдельных входящих в его состав сооружений — плотины, гидроэлектростанции, шлю-

зов и т. п. Эти исследования велись на моделях Куйбышевской гидроэлектростанции более пяти лет. В лаборатории и теперь изучаются все изменения в ходе строительства гидроузла.

### **Куйбышевская ГЭС — шестая ступень Волжского каскада**

На Волге создается каскад гидроэлектростанций. Этот каскад начинается у самых верховьев Волги и будет заканчиваться Нижне-Волжской ГЭС.

В Волжский каскад входит девять электростанций. Пять из них уже дают ток — это Ивановская, Угличская, Щербаковская, Горьковская и Куйбышевская ГЭС. Сталинградская находится в стадии строительства, а к строительству Чебоксарской и Саратовской ГЭС будет приступлено в текущем пятилетии. Последней гидроэлектростанцией каскада будет Нижне-Волжская, или Астраханская, ГЭС.

В недалеком будущем вся разность уровней воды от верховьев Волги до Каспийского моря будет использована для энергетических целей.

Куйбышевская ГЭС является шестой ступенью создаваемого Волжского каскада. Чтобы представить ее значение и место среди других ГЭС каскада, расскажем в общих чертах о реконструкции Волги и о развитии на ней гидротехнического строительства.

Волга, имеющая разветвленный бассейн в 1380 тыс. кв. км и длину 3 690 км, с ее притоками Шексной, Костромой, Унжей, Окой, Сурой, Ветлугой и Камой связана с районами центра, северо-востока, севера, северо-запада и юго-востока европейской части СССР и издавна играет огромную роль в жизни нашей Родины. Она по праву называется великой русской рекой. Бассейн Волги близко примыкает к другим крупным рекам, в частности к Дону.

Первые гидротехнические работы в старой России производились на Волге. В XVIII веке была построена Вышневолоцкая водная система, соединившая по Тверце и Мсте богатейший бассейн Волги с новой столицей — Петербургом. В XIX веке на Верхней Волге было построено крупное для того времени водохранилище — так называемый Верхне-Волжский бейшлот, в котором задерживалось в весенний период 360 млн. куб. м воды. Посредством пропусков этой воды увеличивались глубины на Волге в течение летнего периода. Влияние пропусков сказывалось до Рыбинска. В эти же годы была сооружена Мариинская водная система, обеспечившая связь бассейна Волги по рекам Шексне и Вытегре с бассейном Балтийского моря в течение всего навигационного периода.

Однако все эти сооружения решали только транспортные задачи. Использование Волги в энергетических целях было не-

доступным для отсталой в промышленном отношении царской России.

В 1937 году был построен канал Москва — Волга (ныне канал имени Москвы), соединивший столицу нашей Родины Москву с величайшей русской рекой Волгой и кардинально решивший задачи водоснабжения города и увеличения глубин Москва-реки.

Иваньковское водохранилище, или так называемое Московское море,— первое водохранилище волжского энергетического каскада. Площадь зеркала его 327 кв. км и объем около 1,2 млрд. куб. м.

В состав Иваньковского гидроузла входят Иваньковская ГЭС — первая гидроэлектростанция на Волге, бетонная и земляная плотины и судоходный шлюз.

Суда, следующие из Москвы на Волгу, выходят из канала имени Москвы в Иваньковское водохранилище и, войдя в Иваньковский шлюз, начинают свой путь по Волжскому каскаду.

В 1941 году было закончено строительство следующих двух ступеней Волжского каскада — Угличского и Щербаковского (Рыбинского) гидроузлов.

Рыбинское водохранилище благодаря своим большим размерам (площадь зеркала — 4 550 кв. км, полный объем — 25,4 млрд. куб. м) задерживает весенний сток верхней Волги. Эта вода затем равномерно сбрасывается через турбины Щербаковской ГЭС, обеспечивая повышенные глубины на всем нижележащем участке Волги в течение всей навигации.

Угличская и Щербаковская гидроэлектростанции оборудованы крупными вертикальными поворотно-лопастными турбинами с диаметром рабочего колеса 9 м и мощностью генераторов по 55 тыс. квт каждый.

Конструкция этих агрегатов послужила основой при разработке гидроагрегатов для всех нижележащих волжских гидроэлектростанций. На Угличской ГЭС установлено два, а на Щербаковской — шесть таких гидрогенераторов.

Щербаковский шлюз имеет две параллельные камеры (две нитки), так как он рассчитан на пропуск грузопотоков на Москву по каналу имени Москвы и по Марининской водной системе — на Ленинград и Беломорск.

После окончания Великой Отечественной войны началось строительство следующей (четвертой) ступени волжского каскада — Горьковской ГЭС, подпор от которой распространяется до Щербакова, перекрывая трудный для судоходства участок Волги. Площадь зеркала Горьковского водохранилища — 1 752 кв. км, полный объем — 10,5 млрд. куб. м.

Горьковская гидроэлектростанция вступила в промышленную эксплуатацию в 1955 году. Эта ГЭС оборудуется восемью гидрогенераторами.

Пятой ступенью Волжского каскада является Чебоксарская гидроэлектростанция мощностью около 800 тыс. *квт*. К строительству ее будет приступлено в текущем пятилетии.

В 1950 году состоялись исторические решения партии и правительства о строительстве Волго-Донского судоходного канала имени В. И. Ленина, Цимлянской ГЭС на Дону, Каховской ГЭС на Днепре, Куйбышевской и Сталинградской гидроэлектростанций на Волге. Эти решения были подготовлены опытом, накопленным при строительстве целого ряда гидротехнических сооружений и послужившим основой для создания нашей советской гидротехнической науки, а также значительным развитием к этому времени тяжелой промышленности в СССР, обеспечивающей необходимую базу для создания таких крупных сооружений.

Волго-Донской судоходный канал имени В. И. Ленина и Цимлянский гидроузел вошли в эксплуатацию в 1952 году. Постройкой этих сооружений были решены важные народнохозяйственные задачи: соединение бассейна Волги, впадавшей в замкнутое Каспийское море, с бассейном Дона, а по нему с Азовским и Черным морями, орошение и обводнение засушливых земель на юго-востоке европейской части СССР — в Ростовской и Сталинградской областях и использование водных ресурсов Дона для получения электрической энергии на Цимлянской ГЭС, имеющей установленную мощность 160 тыс. *квт*.

Каховская гидроэлектростанция, оборудованная шестью турбинами мощностью по 52 тыс. *квт* каждая, вступила в промышленную эксплуатацию в 1955 году.

Четвертое и самое крупное из этих сооружений — Куйбышевская гидроэлектростанция, являющаяся шестой ступенью Волжского каскада, вступила в строй действующих предприятий также в 1955 году. Первый агрегат ее дал промышленный ток 29 декабря 1955 года, а второй — 20 января 1956 года.

Седьмой ступенью Волжского каскада будет Саратовская ГЭС, строительство которой разворачивается в этом пятилетии.

Восьмой — строящаяся Сталинградская гидроэлектростанция и, наконец, девятой — Астраханская ГЭС.

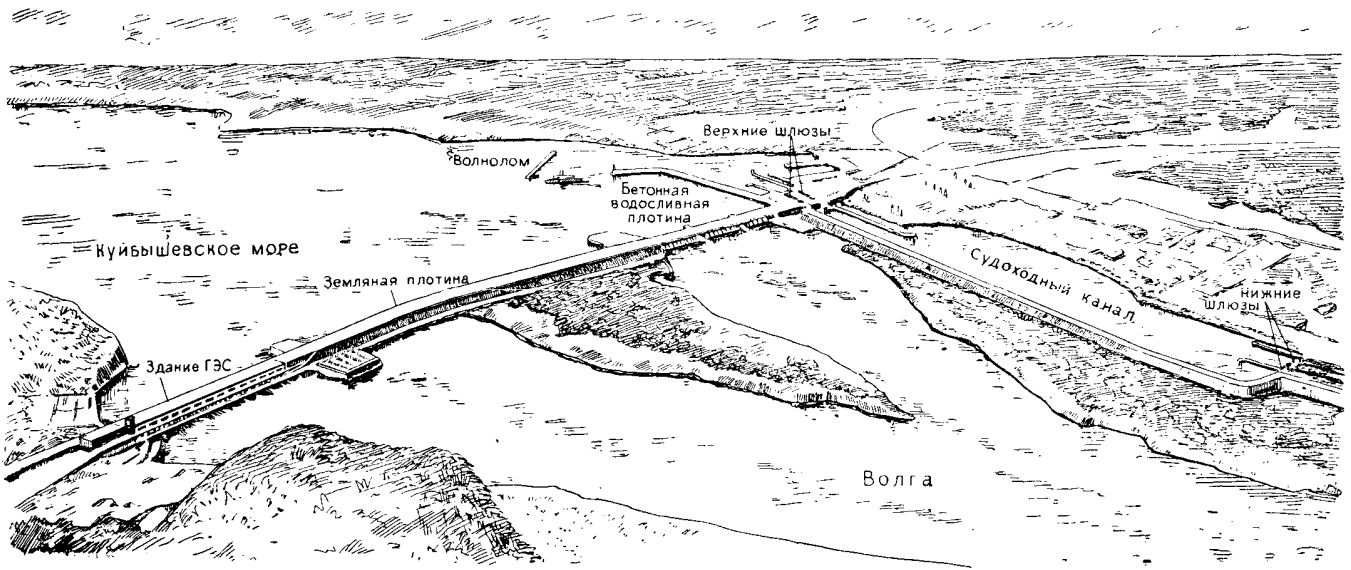
Куйбышевская гидроэлектростанция по праву может считаться одной из крупнейших строящихся ГЭС. По выработке электрической энергии она будет превосходить самую крупную гидроэлектростанцию в США — Грэнд-Кули в штате Вашингтон. (Выработка Грэнд-Кули составляет около 11 млрд. *квт-ч* в год).

Суммарная мощность Куйбышевской и Сталинградской гидроэлектростанций примерно в полтора раза превышает суммарную проектную мощность двух крупнейших гидроэлектростанций США — Грэнд-Кули на реке Колумбии и Боулдер-Дэм на реке Колорадо.

При сравнении этих станций необходимо иметь в виду следующие обстоятельства.



10



Панорама строительства Куйбышевской ГЭС.



25X1

5-1

Обе гидроэлектростанции США построены на горных реках, в чрезвычайно благоприятных природных условиях. На этих гидроэлектростанциях мощность создается не за счет большого расхода воды, а за счет высоких напоров, которые по природным условиям возможно было довести на Грэнд-Кули до 92 м, а на Боулдер-Дэм до 160 м.

Строительство такой мощной гидроэлектростанции, как Куйбышевская, на равнинной и многоводной реке, с напором воды в несколько раз меньшим, чем на горных реках Колумбия и Колорадо, представляет значительно более сложную техническую задачу. Вследствие большой многоводности Волги здесь требуется создание длинной водосливной плотины, приспособленной для сброса высоких паводковых вод. Сравнительно невысокий напор при большом расходе воды вызывает необходимость установки силовых агрегатов больших размеров и, соответственно, большой объем здания гидроэлектростанции.

Названные выше американские гидроэлектростанции строились на скальном основании, позволявшем не опасаться размывов дна в строительный период и, главное, строить плотины не из железобетона, как это необходимо на Куйбышевской гидроэлектростанции, а из бетона. Для того чтобы представить себе значительные масштабы работ, которые было необходимо выполнить на строительстве Куйбышевской гидроэлектростанции, достаточно сказать, что объем скально-земляных работ на ней более чем в 12 раз превышает соответствующий объем на строительстве гидроэлектростанции Грэнд-Кули. Несмотря на это, Куйбышевская гидроэлектростанция будет построена на полную мощность за 6 лет, включая и подготовительный период и время, необходимое на монтаж оборудования.

По напору, мощности, выработке электроэнергии, по размерам водохранилища Куйбышевская ГЭС будет выделяться среди всех гидроэлектростанций волжского каскада.

Объем подлежащих выполнению работ на Куйбышевской гидроэлектростанции значительно больше, чем на других волжских станциях. Это объясняется не только большим напором воды и большой мощностью гидроэлектростанции, но и более тяжелыми геологическими и гидрологическими условиями строительства. Для примера укажем, что максимальное количество протекающей во время паводков воды в створе Куйбышевской гидроэлектростанции практически такое же как и в створе Сталинградской, хотя последняя располагается на 1 тыс. км ниже по течению. Это объясняется тем, что все крупные притоки Волги впадают в нее выше Куйбышевской плотины, в результате чего в створе Куйбышевской ГЭС проходит 95% всего волжского стока.

Средний расход Волги в створе Куйбышевской ГЭС составляет 7 680 м<sup>3</sup>/сек, что соответствует годовому стоку 242 млрд. куб. м. У Сталинграда расход достигает своего наи-

большого значения — 8 130 *м<sup>3</sup>/сек*, а сток — 256 млрд. *куб. м* в год. Ниже Сталинграда, где Волга не имеет никаких притоков, сток ее больше не увеличивается; наоборот, на участке от Сталинграда до устья река теряет часть воды на испарение. Высокие пики паводков в створе Куйбышевской гидроэлектростанции затрудняли строительство, требовали создания высоких перемычек для ограждения котлованов и вызывали необходимость сооружения водосливной плотины большой длины.

#### Народнохозяйственное значение Куйбышевской ГЭС

Сооружение Куйбышевской гидроэлектростанции решает одновременно несколько народнохозяйственных задач — энергетики, судоходства и железнодорожного транспорта.

В постановлении о строительстве Куйбышевской ГЭС Совет Министров СССР поставил перед строителями сложные и ответственные задачи. На строительство гидроэлектростанции было отведено всего около 6 лет. Осуществления строительства такого масштаба в столь короткий срок не знало еще ни одно государство в мире.

Принятые партией и правительством решение о строительстве Куйбышевской гидроэлектростанции с вводом ее в промышленную эксплуатацию в 1955 году и решение о сооружении Сталинградской гидроэлектростанции имеют исключительно важное значение для всего народного хозяйства.

Суммарная мощность всех агрегатов Куйбышевской гидроэлектростанции составит 2 млн. 100 тыс. *квт*. В средний по водности год она будет вырабатывать 11,3 млрд. *квт-ч* электрической энергии, то есть в 5 с лишним раз более того количества, которое вырабатывали все электрические станции дореволюционной России.

Согласно решению правительства Москва будет ежегодно получать от Куйбышевской ГЭС 6 млрд. 100 млн. *квт-ч* электроэнергии, для передачи которой построена высоковольтная линия Куйбышев — Москва.

Куйбышевская ГЭС будет питать энергией также районы Поволжья, районы центрально-черноземных областей, За-волжье.

После ввода в эксплуатацию Сталинградской ГЭС количество электрической энергии, поступающей в район Москвы от волжских гигантов, составит более чем 10 млрд. *квт-ч* в год. С окончанием строительства этих гидроэлектростанций ресурсы Волги на участке от Калинина до Сталинграда будут использованы почти на 80%. Ни на одной крупной реке мира водноэнергетические ресурсы еще не используются в такой высокой степени. Широкое применение дешевой энергии воды дает возможность нашей стране ежегодно экономить огромное количество твердого и жидкого топлива.

Значительная часть электроэнергии, вырабатываемой Куйбышевской ГЭС, будет расходоваться на орошение засушливых земель Заволжья, что позволит добиться высоких устойчивых урожаев.

Вследствие того, что орошаемая территория расположена выше Куйбышевского водохранилища, подача воды на нее самотечными каналами невозможна. Поэтому волжская вода будет подаваться в оросительные каналы насосами. Забор воды в основном станет производиться ниже плотины Куйбышевской ГЭС после того, как ее потенциальная энергия будет использована турбинами.

На орошаемых территориях намечено широко использовать электрическую энергию во всех отраслях сельскохозяйственного производства. Здесь будет применяться электропахота, электромолотьба, будут электрифицированы животноводческие фермы и механизированы наиболее трудоемкие процессы в растениеводстве и животноводстве.

Внедрение электротракторов даст возможность экономить жидкое топливо (до 20 кг на каждый гектар) и смазочные материалы. Кроме того, при электропахоте высвобождаются рабочие, занятые доставкой в полевые станы горючего и воды.

При электромолотьбе значительно ускоряется обмолот и снижаются в 3—4 раза потери зерна по сравнению с молотьбой при помощи конного привода и в 2 раза — по сравнению с молотьбой при помощи тракторного привода. Применение электричества значительно упрощает и ускоряет такие трудоемкие процессы, как дойка коров, стрижка овец, кормоприготовление, водоснабжение и др.

Куйбышевская гидроэлектростанция обеспечит исключительно высокую степень использования мощности волжской воды. Через турбины гидроэлектростанции в среднем будет проходить около 90% всего стока реки. Использование такого стока на равнинной реке, какой является Волга, возможно только путем создания громадного водохранилища. Его полезная емкость будет превышать в два раза полезную емкость созданного на Волге Рыбинского водохранилища, которое в настоящее время является крупнейшим искусственным водоемом в мире. Площадь его будет также больше площади Рыбинского водохранилища; она составит примерно 60% площади одного из крупнейших естественных озер Советского Союза — Онежского.

Водоохранилище играет по отношению к гидроэлектростанции ту же роль, что и котельная на тепловой электростанции. Но в то время, как водохранилище постоянно пополняется водой за счет выпадающих осадков, в котельной для поддержания энергетического потенциала необходимо постоянно сжигать топливо. Чтобы включить турбину на современной гидроэлек-

тростанции, достаточно нажать кнопку на пульте диспетчера. Работа турбины происходит при этом за счет накопленного в водохранилище запаса воды. На тепловой электростанции такому же нажатию кнопки должно предшествовать поднятие давления пара в котлах. Такая высокая по сравнению с тепловыми электростанциями маневренность гидроэлектростанций делает их незаменимыми для работы в мощной энергетической системе, особенно в периоды пиковой нагрузки, так, например, зимой в вечерние часы, когда в течение короткого времени требуются значительные добавочные мощности для обеспечения потребителей электроэнергией.

Куйбышевская гидроэлектростанция примет на себя значительные части пиков нагрузки энергосистем Москвы и районов Средней Волги. Эти системы в свою очередь будут связаны с энергосистемами соседних областей. Таким образом, Куйбышевская гидроэлектростанция совместно со Сталинградской будут иметь возможность передавать вырабатываемую ими электроэнергию почти во все промышленные области, расположенные в центре европейской части Советского Союза и в Поволжье. Аварии в одной из энергосистем, даже полное отключение входящих в нее электростанций, могут быть компенсированы пуском турбин Куйбышевской ГЭС, каждая из которых по своей мощности больше всей Волховской гидроэлектростанции.

Электроэнергия Куйбышевской гидроэлектростанции будет в 5—6 раз дешевле электроэнергии, вырабатываемой на тепловых электростанциях в районах Москвы и Поволжья. Поэтому, хотя затраты на строительство Куйбышевской ГЭС выше затрат, требующихся на строительство тепловых электростанций такой же мощности, они окупятся в очень короткий срок — за 8—10 лет.

Строительство Куйбышевской гидроэлектростанции имеет также большое значение для речного транспорта. Создание Куйбышевского водохранилища значительно улучшит условия судоходства в среднем течении Волги.

Важное народнохозяйственное значение будет иметь создание на строящейся плотине Куйбышевской ГЭС дополнительного магистрального железнодорожного перехода через Волгу. Новый мостовой переход позволит значительно увеличить транспортный оборот между восточными и западными районами Советского Союза.

#### **Природные условия района строительства**

В районе строительства Куйбышевской ГЭС на правом берегу Волги находятся Жигулевские горы, возвышающиеся над уровнем реки до 300 м. Крутые склоны гор поднимаются почти от самой воды и наверху образуют холмистое плато, изрезанное оврагами. Со стороны Волги склоны гор расчленены глущо-

кими оврагами, простирающимся вглубь массива на несколько километров.

Жигулевские горы, сложенные из известняков и доломитов, имеют большое количество трещин, заполненных доломитовой мукой, полостей и других признаков разрушения. В качестве основания гидротехнического сооружения эти известняки и доломиты могли быть использованы лишь после предварительной цементации, так как приток воды по трещинам не позволил бы откачать ее из котлованов.

Дно Волги, имеющей в районе строительства гидроэлектростанции ширину около 1 км, сложено песками с гравелисто-щебеночными прослойками. Под песками лежат глины третичного периода. Пойма Волги, имеющая ширину в рассматриваемом районе от 4 до 12 км, сложена так же, как и в русле, — песками, подстилаемыми глинами и скальными породами. Пойма прорезана протоками, называемыми «воложками».

Левый берег долины Волги сложен песками и глинами. Он возвышается над поймой на 60—80 м. Полоса берега, непосредственно окаймляющего волжскую долину, имеет всхолмленный рельеф дюнного происхождения. В местах, где эта полоса не покрыта лесом, пески постоянно передвигаются под действием ветров.

Гидрологические условия в районе строительства Куйбышевской гидроэлектростанции изучены хорошо. Имеются наблюдения за колебанием уровня воды за 68 лет. Многократно измерено количество протекающей воды. Таким путем надежно установлена зависимость между уровнем и количеством протекающей воды. Эти данные были необходимы для расчета сооружения гидроэлектростанции.

Изучены также ледовые условия в районе строительства: сроки ледостава и вскрытия реки, время появления плавающего льда перед ледоставом, толщина льда, крепость его и другие данные, необходимые при проектировании гидроэлектростанции.

Опираясь на эти данные, коллектив проектировщиков разработал типы гидротехнических сооружений, установил размеры водопропускных сооружений, выбрал конструкции затворов плотины и целый ряд других элементов этого сложного комплекса.

#### Сооружения гидроузла

В состав Куйбышевского гидроузла входят: плотина, здание гидроэлектростанции с повышающими подстанциями, каналы, подводящие воду из водохранилища и отводящие ее в русло Волги, судоходные сооружения, состоящие из двух парных шлюзов, аванпорты, подводящие и межшлюзные каналы и другие устройства.

Здание гидроэлектростанции располагается у правого берега реки, врезааясь в него на половину своей длины. Строительный объем здания составляет около 8 млн. *куб. м*, то есть больше, чем объем всех новых зданий университета в Москве. В здании электростанции монтируются турбины, генераторы, повышающие трансформаторы и прочее гидросиловое и электротехническое оборудование. Кроме этого прямого назначения, здание используется для устройства в нем водосбросных отверстий, служащих для пропуска части паводковых вод. Устройство этих отверстий позволило сократить длину железобетонной водосливной плотины на 500 м и значительно облегчить ее профиль.

Пропуск части паводковых вод через здание гидроэлектростанции осуществляется таким образом, что позволяет в период паводка получать от турбин несколько большую мощность и повышенную выработку электроэнергии.

Дело в том, что при проходе паводковых вод уровень воды в реке ниже плотины сильно повышается, а так как в водохранилище в этот период вода поддерживается на нормальном уровне, то напор, действующий на турбины, резко падает и турбины не могут развивать своей полной мощности. Получается парадоксальное положение: в период, когда в реке так много воды, что громадное количество ее приходится сбрасывать через плотину, минуя турбины, — мощность гидроэлектростанции снижается. При этом в очень высокие (редко повторяющиеся) паводки мощность может уменьшаться почти в два раза, а через плотину сбрасывается такое количество воды, которое способно было бы развить мощность в млн. *квт*. Устанавливать на короткое время паводка дополнительные турбины невыгодно, так как они не окупят себя, поэтому разработан способ повышения мощности турбин путем отгона воды у выхода турбинных труб мощной струей из водосбросных отверстий.

При помощи отгона воды получается искусственное понижение уровня воды в нижнем бьефе, что и создает увеличение полезного напора, действующего на турбины.

Это нововведение позволит увеличить мощность турбин Куйбышевской ГЭС во время высоких паводков примерно на 200—300 тыс. *квт*.

В здании гидроэлектростанции устанавливается 20 турбогенераторов мощностью по 105 тыс. *квт* каждый с наиболее совершенными поворотными лопастными турбинами, позволяющими достигнуть высоких коэффициентов полезного действия при всех режимах работы агрегатов. Рабочее колесо турбины имеет диаметр 9,3 м, то есть больше, чем у самых крупных до этого турбин Угличской и Щербаковской ГЭС. Диаметр вала турбины — 1,5 м.

Турбины изготовлены на Ленинградском металлическом

заводе имени Сталина, генераторы — на заводе «Электросила» имени Кирова. Суммарная мощность всех генераторов 2 млн. 100 тыс. *квт.*

Чтобы дать более полное представление о турбогенераторе Куйбышевской ГЭС, укажем, что диаметр ротора генератора имеет около 15 м; вес втулки рабочего колеса достигает 400 т; вес ротора генератора — 750 т.

На гидроэлектростанции установлены трансформаторы для повышения напряжения до 110, 220 и 400 тыс. вольт. Отметим, что передача больших количеств электроэнергии от Куйбышевской гидроэлектростанции до Москвы сама по себе представляет сложнейшую техническую задачу. Для ее передачи потребовалось применение напряжения в 400 тыс. вольт.

Плотина состоит из двух частей: земляной, перекрывающей русло Волги и большую часть поймы, и железобетонной — водосливной. Высота земляной плотины более 40 м и ширина по основанию до 500 м. Длина железобетонной водосливной плотины свыше километра и высота до 35 м. На гребне имеются металлические затворы, при подъеме которых происходит перелив воды через водослив плотины.

Каждый пролет куйбышевской плотины имеет ширину 20 м; общее количество пролетов — 38.

Расходы весенних паводков в маловодные и близкие к средним годы будут проходить через створ Куйбышевского гидроузла через турбины, пропускающие в сумме около 13 тыс. *куб. м* воды в секунду, и через водосбросные отверстия ГЭС. Суммарная пропускная способность турбин и водосбросных отверстий установлена с учетом пропуска максимальных расходов средних по водности весенних паводков, достигающих 30 тыс. *куб. м* воды в секунду. При более значительных весенних паводках включаются в работу отверстия бетонной плотины. Суммарная пропускная способность всех отверстий водопропускного фронта при нормальном подпорном уровне воды в водохранилище рассчитана на пропуск максимальных расходов весенних паводков повторяемостью раз в тысячу лет. Учитывая капитальность этого грандиозного сооружения, пропускная способность отверстий проверена на пропуск максимальных расходов еще более высокого паводка с повторяемостью один раз в 10 тыс. лет, но при этом предусмотрена временная форсировка уровня воды в верхнем бьефе Куйбышевской плотины на высоту до 2 м над нормальным уровнем.

Две параллельные нитки судоходных сооружений Куйбышевского гидроузла располагаются на левобережной пойме. Для преодоления разности уровней в водохранилище и за плотинной шлюзы располагаются в две ступени, с разъездным бьефом между ними длиной около 4 км.



На куйбышевских шлюзах ввиду их больших размеров принята распределенная система наполнения, при которой вода поступает в шлюз через специальные водоводы, равномерно расположенные по всей площади камеры. При этом обеспечиваются лучшие условия отстоя судов в шлюзе во время наполнения и опорожнения камеры.

Верхние ремонтные ворота шлюзов выполнены в виде откатного затвора. Все остальные ворота — верхние рабочие, нижние рабочие и нижние ремонтные — двустворчатые.

Управление судоходными шлюзами полностью автоматизируется. Установленные на них специальные причальные устройства — рымы, обеспечат хорошую учалку и отстой судов и позволят обходиться без специального обслуживающего персонала.

Вследствие распределенной системы питания шлюза судно в камере находится в спокойном состоянии, несмотря на то, что количество воды, поступающей в камеру за 1 секунду, достигает 600 куб. м. На наполнение камеры этого огромного шлюза с объемом сливной призмы около 150 тыс. куб. м затрачивается всего 8 минут. В верхнем бьефе верхних шлюзов располагаются аванпорт и переформировочный пункт для грузов, передаваемых с воды на железную дорогу.

В комплекс сооружений Куйбышевской ГЭС входит линия электропередачи напряжением 400 тыс. вольт и протяженностью до 1 000 км — от Куйбышева до Москвы. Вливаясь в Московское энергетическое кольцо через две подстанции, энергия Куйбышевской ГЭС трансформируется до напряжений 220 и 110 тыс. вольт и затем поступает на подстанции к предприятиям.

Эта линия передачи вместе с линией электропередачи Сталинградской ГЭС такого же напряжения, а также существующими энергосистемами образует, как уже говорилось, грандиозное энергетическое объединение всей центральной и южной части европейской территории Союза — единую высоковольтную сеть европейской части СССР — ЕВС. Управление всеми тепловыми и гидроэлектрическими станциями будет производиться централизованно, причем для регулирования сложной работы тепловых и гидравлических станций и систем широко используются последние достижения автоматики и телемеханики.

Организация ЕВС позволит наиболее рационально использовать водные ресурсы наших рек, так как повышенная выработка электроэнергии гидроэлектростанциями во время паводков будет равномерно распределяться по всей энергетической системе. Снижение выработки электроэнергии отдельными гидроэлектростанциями в маловодные периоды будет перекрываться другими ГЭС, расположенными в иных географических районах, а также тепловыми электростанциями.

На основе дешевой гидравлической энергии Куйбышевской ГЭС предусмотрено дальнейшее развитие промышленности, электрификация сельского хозяйства и транспорта. Будет закончена также полная электрификация всего сложного грузонапряженного Московского железнодорожного узла. Разрабатывается также вопрос о частичном переводе водного транспорта на электротягу, для чего на канале имени Москвы идут работы по сооружению опытного участка.

### Куйбышевское водохранилище

Сооружения Куйбышевского гидроузла поднимут уровень Волги на высоту около 28 м. В результате этого образуется огромное водохранилище с площадью зеркала около 6 500 кв. км и суммарным объемом 58 млрд. куб. м. В связи с большим объемом водохранилища, а также условиями строительства наполнение его будет производиться в три очереди: в конце 1955 года водохранилище наполнилось до отметки, обеспечивающей пуск первых агрегатов (эта отметка на 17 м ниже нормального подпорного уровня водохранилища), к началу навигации 1956 года уровень водохранилища повысился еще на 9 м, а к 1957 году водохранилище наполнится до проектного уровня.

Куйбышевское водохранилище является крупнейшим искусственным водоемом мира: длина его свыше 500 км, ширина в районе устья Камы достигает 40 км. По водохранилищу ниже устья Камы могут плавать только озерные суда. Движение речных судов производится только на участке Волги выше камского устья. Но и для озерных судов и особенно для плотов, идущих с Камы, во время сильных штормовых ветров Куйбышевское водохранилище весьма опасно, так как высота волн в нем достигает 3 м. Поэтому для отстоя судов во время штормовой погоды в различных местах Куйбышевского водохранилища устроены порты-убежища.

В связи с затоплением в зоне водохранилища ряда старых портов и судоремонтных предприятий построены новые порты, оборудованные современными погрузочно-разгрузочными устройствами. Порты рассчитаны на работу в условиях значительных колебаний уровня водохранилища, достигающих в навигационный период 3 м и в маловодные годы — 4 м. Зимой уровень водохранилища опускается на 6 м ниже нормального.

До постройки на участке Волги между Куйбышевской и Сталинградской ГЭС еще одного — Саратовского — гидроузла, подпор от которого достигнет нижнего бьефа куйбышевских шлюзов, судоходные глубины на участке Волги от Куйбышевской ГЭС до Балаково обеспечиваются посредством постоянных сбросов воды через Куйбышевскую ГЭС.

Куйбышевская ГЭС будет иметь, как и другие гидроэлектростанции, переменный в течение суток режим мощности, поэтому расход воды через турбины будет также переменным. Размер максимального расхода воды через турбины может превышать в 3—4 раза естественные средние меженные расходы воды в Волге. Для уменьшения колебаний уровней воды в нижнем бьефе куйбышевских шлюзов принято ограничение, согласно которому минимальный, так называемый базовый, расход воды через турбины должен быть не менее 50% среднего меженного расхода Волги. Этим достигается уменьшение колебаний уровней воды в нижнем бьефе ГЭС при суточном регулировании до 1,5 м, тогда как, например, величина колебаний уровней в Щербаковском порте достигает 2,0—2,5 м. По мере удаления от ГЭС эти колебания постепенно уменьшаются и в районе Куйбышевского порта они практически сглаживаются, не превышая 0,3—0,4 м.

Выбор расчетного среднесуточного и базового расхода пропуска воды в нижний бьеф Куйбышевского гидроузла в период проектирования ГЭС представлял весьма сложную задачу. Дело в том, что при уменьшении среднесуточного пропуска воды увеличивается энергетическая эффективность использования ГЭС в энергосистеме, но зато резко возрастают объемы землечерпательных работ на нижележащем участке Волги, проводимых для поддержания гарантированных судоходных глубин от Куйбышевской ГЭС до города Балаково, откуда уже начнет сказываться влияние нижележащего Сталинградского гидроузла. Такое положение будет наблюдаться до постройки Саратовской ГЭС, которая, образуя следующую, седьмую ступень Волжского каскада, обеспечит требуемые для судоходства глубины путем образования подпертого бьефа.

Различные значения базового расхода пропуска воды влияют на режим уровней на участке реки непосредственно в зоне суточного регулирования ГЭС. В результате произведенных расчетов размер среднесуточного пропуска воды в нижний бьеф Куйбышевской ГЭС определился в размере 4 тыс. м<sup>3</sup>/сек. Этот расход воды примерно в 1,6 раза больше естественного меженного расхода Волги, принимавшегося в расчетах по поддержанию существовавших ранее судоходных глубин. Величина минимального базового расхода пропуска воды принимается примерно на уровне естественного низкого меженного расхода воды в реке.

В результате увеличения за счет регулирования стока куйбышевским водохранилищем гарантированных расходов воды в реке будет достигнуто увеличение судоходных глубин в нижнем бьефе примерно на 0,5 м.

После постройки вышележащих Чебоксарского, Воткинского и Нижне-Камского водохранилищ гарантированный расход пропуска воды в нижний бьеф Куйбышевской ГЭС будет уве-

личен до 4 500 м<sup>3</sup>/сек. Этот расход будет обеспечиваться также и в нижнем бьефе Сталинградской ГЭС, соответственно повышая судоходные глубины на участке Волги от Сталинграда до Астрахани.

Обстановка судового хода на водохранилище отличается от речной. Взамен речных бакенов установлены створные знаки и маяки высотой до 60 м. Подлежит перестройке все береговое хозяйство речного флота: пристани, затоны, ремонтные мастерские. Они будут созданы на новых местах и оснащены передовой техникой.

Из зоны водохранилища переносятся на новые места села и деревни. Будут перестроены дороги, мосты и линии связи. Низко расположенные окраинные кварталы города Казани будут обвалованы. На валах намечено устройство новой набережной, которая украсит и благоустроит этот древний город. Пойма, отделяющая в настоящее время Казань от Волги, уйдет под воду.

Зона водохранилища освобождается от всех строений, леса, кустарников, а также подвергается санитарной очистке. На мелководьях водохранилища предусматривается осуществление противомалырийных мероприятий.

Из зоны затопления Куйбышевского водохранилища на более высокие участки берега перенесено много домов, жителям которых предоставляется все необходимое для ведения хозяйства.

В зоне водохранилища проводится большая работа по переустройству мостов. В связи с подъемом воды существующие мосты через Волгу становятся недопустимо низкими, не обеспечивающими движения под ними судов. Поэтому железнодорожные мосты в Ульяновске и в Зеленодольске, около Казани, перестраиваются, укрепляются и поднимаются до уровней, обеспечивающих требуемые судоходные габариты.

В зимний период 1955/56 года уровень воды в Куйбышевском водохранилище находился на высоте 11 м над естественным уровнем воды в реке. В период весеннего половодья 1956 года уровень водохранилища поднялся до 20 м, то есть примерно на 9 м выше отметки, при которой были пущены первые агрегаты ГЭС.

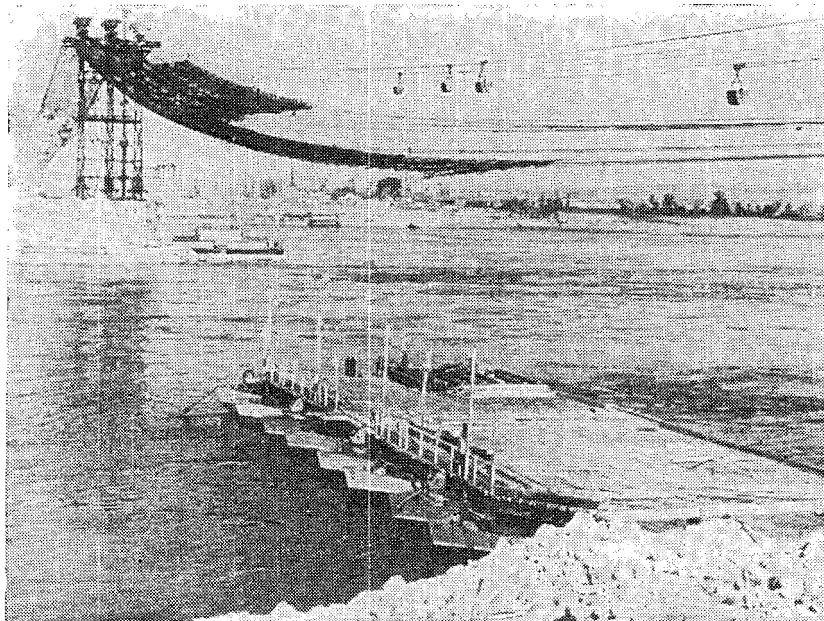
Навигационные условия в 1956 году на Куйбышевском водохранилище близки по режиму уровней к условиям судоходства при больших весенних разливах. Волновой режим водохранилища будет менее опасным для судов, чем при нормальном подпорном уровне, однако высота волн все же может быть довольно значительной. Судоходство станет осуществляться через обе пары шлюзов — верхние и нижние.

Учитывая, что в 1956 году Куйбышевское водохранилище еще не будет наполнено до нормальной подпорной отметки, следует ориентироваться на то, что условия судоходства на

нижележащем участке реки почти не изменятся. Колебания уровней в нижнем бьефе гидроузла ввиду того, что на ГЭС установлены еще не все агрегаты, будут незначительными. Однако, несомненно, что навигационные условия на Волге в 1956 году будут иметь ряд особенностей.

### Производство работ по строительству Куйбышевской ГЭС

Работы по строительству гидроэлектростанции были начаты в 1950 году. Большой объем строительного-монтажных работ потребовал создания мощной производственной базы, спо-



25X1

Наводка понтонового моста через проран Волги. На заднем плане опора

собной обеспечить механизацию строительства. Для обслуживания строительства необходимо было построить подъездные и внутрипостроечные железнодорожные пути общей длиной 330 км, автомобильные дороги, причалы для приема большого количества грузов, доставляемых водным транспортом, высоковольтные линии электропередачи протяжением свыше 400 км, низковольтные линии электропередачи и линии связи протяженностью в несколько сотен километров, деревообделочные предприятия, способные за четыре года переработать около 2 млн. куб. м древесины. Так же создавались ремонтно-меха-



Перекрытие русла Волги. На переднем плане наплавной мост и отсыпанный банкет. На заднем плане затопленный котлован.

25X1

23.

нические заводы для ремонта строительных машин и механизмов и для изготовления металлоконструкций и приспособлений, авторемонтные заводы и гаражи для обслуживания автомобилей; заводы по изготовлению бетона общей производительностью 20 тыс. куб. м в сутки; арматурные мастерские, способные изготовить до 700 т сварных ферм в сутки; карьеры камня, гравия, песка, на которых за четыре года было необходимо заготовить 15 млн. куб. м материалов. Строились дробильно-обогащительные заводы для приготовления щебня, канатные дороги общей длиной около 10 км для транспорта щебня с дробильных заводов на заводы по приготовлению бетона. Все подсобные предприятия, дороги и линии электропередачи были построены к середине 1953 года.

Наряду с ведением подготовительных работ в 1951 году были начаты основные работы по выемке грунта из котлованов под здание гидроэлектростанции. Начато также строительство перемычек для ограждения котлованов. Эти перемычки — крупные гидротехнические сооружения. Так, перемычка, ограждающая котлован под здание гидроэлектростанции, представляла собой земляную дамбу длиной более 1,5 км и высотой до 25 м, защищенную от подмыва водой стенами из металлического шпунта. Грунт для перемычки разрабатывался землесосами у противоположного берега Волги и по трубам, уложенным по дну реки, подавался к месту строительства перемычки. Металлический шпунт забивался с помощью копров, оборудованных паровыми молотами. Для забивки шпунта в русло реки применялись пловучие копры.

Левобережная перемычка ограждала котлованы железобетонной водосливной плотины и шлюзов. Длина этой перемычки была свыше 8 км. Перемычка представляла собой земляную дамбу высотой от 8 до 22 м. Грунт для намыва перемычки вынимался землесосами из котлована плотины и подавался по трубам. Всего было намито и уложено в перемычку свыше 6 млн. куб. м. грунта.

Котлован под здание гидроэлектростанции в основном разрабатывался экскаваторами, грунт отвозился автомашинами. Разработка котлована, начатая в феврале 1951 года, была доведена до проектных отметок в 1952 году.

Котлованы под водосливную плотину и шлюзы разрабатывались более эффективным способом — с помощью землесосов. Это различие в способах работы объяснялось тем, что у правого берега приходилось иметь дело с глинами, которые разрабатывать землесосами было не целесообразно, у левого же берега залегают песчаные грунты, что позволило здесь применить землесосы в широких масштабах.

С сентября 1952 года начались работы по укладке бетона в здание гидроэлектростанции.

В работах по строительству Куйбышевской ГЭС встречалось много трудностей.

Когда котлованы гидроэлектростанции были ограждены перемычками, Волга проходила через естественное русло, стесненное до 45 % своих нормальных размеров. Но в первый же паводок Волга размывла песчаный левый берег и русло ее расширилось и углубилось.

Для того чтобы защитить котлованы от поступления в них воды, было устроено грунтовое водопонижение. Для этого пробурили свыше 1 000 скважин, снабдили их глубинными насосами, и только таким образом удалось устранить опасность разжижения основания.

Такое положение существовало до весеннего паводка 1955 года.

Очень серьезным испытанием для строителей был весенний паводок 1955 года, высота которого была значительно выше средней. Однако благодаря соответствующим мероприятиям строители Куйбышевской ГЭС встретили паводок подготовленными.

На строительстве Куйбышевской ГЭС максимально использовались современные технические средства. В каналах, подводящих воду к гидроэлектростанции и отводящих ее в русло Волги, подводная выемка грунта производилась с помощью землечерпалок производительностью 750 *куб. м* в час. На земляных работах применялись землесосы 1 000-80, имеющие производительность 1 тыс. *куб. м* грунта в час, с высотой подачи 80 м. Эти землесосы способны брать грунт с глубины до 15 м. Значительный объем земляных работ был выполнен скреперами.

Объем бетонных работ на строительстве гидроэлектростанции составляет около 8 млн. *куб. м*. Это громадное количество бетона приготавливалось на мощных автоматизированных заводах, оборудованных бетономешалками с емкостью барабана до 2 400 л. Бетонные заводы были построены у здания гидроэлектростанции, у водосливной плотины и у нижней ступени шлюзов. Бетон от заводов к сооружениям подавался автомобилями и в бадах на железнодорожных платформах, а укладка производилась с помощью бетононасосов, вибрационных хоботов и кранами.

Вместо деревянной опалубки на строительстве широко применялись железобетонные плиты-оболочки, изготовленные из особо высококачественного бетона. Применение железобетонных оболочек, арматурных ферм и пакетов позволило механизировать все процессы бетонных работ. Для этого установили кабелькраны грузоподъемностью до 15 т и другие мощные краны.

Максимальная производительность укладки бетона на Куйбышевской гидроэлектростанции достигала в августе 1955 года 400 тыс. *куб. м* в месяц. Напомним, что на Днепрострое интен-



сивность укладки бетона достигла 110 тыс. *куб. м*, а на канале имени Москвы — 170 тыс. *куб. м* в месяц.

Особую сложность при строительстве Куйбышевской гидроэлектростанции представляют монтажные работы. В чрезвычайно короткие сроки монтируются затворы и механизмы, турбины, генераторы и трансформаторы. Осуществить этот монтаж в сжатые сроки можно только путем предварительной сборки деталей и установки целых, заранее смонтированных конструкций. Поэтому все затворы полностью собираются на монтажных площадках и подаются на объекты в готовом виде. На монтажных площадках собираются и затем устанавливаются на место укрупненные узлы турбин и генераторов весом до 800 т.

#### **Перекрытие русла Волги и строительные работы в пусковой период**

В связи с исключительно коротким сроком строительства, установленным для Куйбышевской ГЭС, партия и правительство создали все необходимые условия для обеспечения своевременного выполнения строительных работ.

Строительство располагает мощной производственной базой, позволяющей укладывать до 20 тыс. *куб. м* бетона в сутки, мощными землеройными машинами, земснарядами для намыва земляных перемычек плотин и дамб, большим парком автомашин грузоподъемностью до 25 т, мощным крановым оборудованием, широко развитой железнодорожной сетью. Для обеспечения широкой механизации строительных работ конструкции основных сооружений были запроектированы с учетом применения арматурных каркасов, плит-оболочек, несущей опалубки, сборного железобетона, безэстакадного намыва земляной плотины и т. п.

Напряженно работал многотысячный коллектив строителей в 1955 году, в конце которого Куйбышевская ГЭС дала промышленный ток. Успешное решение этой задачи обеспечивалось тем, что среди строителей имеется много квалифицированных рабочих и специалистов, перенесших сюда богатый опыт строительства Цимлянской ГЭС, Волго-Донского судоходного канала имени В. И. Ленина и других крупных гидротехнических сооружений.

Важнейшими задачами последнего периода 1955 года являлись ввод в эксплуатацию нижних судоходных шлюзов, перекрытие русла Волги земляной плотиной, выполнение монтажных работ по первым двум агрегатам ГЭС и наполнение водохранилища до отметки, превышающей естественный уровень воды в реке на высоту около 11 м.

Для выполнения поставленных задач суточная укладка бетона была резко увеличена, интенсивными темпами производил-

ся монтаж гидросилового и электротехнического оборудования, первых агрегатов, центрального масляного хозяйства с установкой маслоочистительной аппаратуры, группы повысительных трансформаторов. В здании ГЭС и в блоке монтажной площадки производился монтаж щитов управления и защиты, аккумуляторных батарей, секций комплектного распределительного устройства и других установок.

На специальных площадках и непосредственно на месте велись работы по монтажу гидромеханического оборудования: закладных частей пазов затворов верхнего и нижнего бьефов гидроэлектростанции общим весом 8 500 т, металлоконструкций и механизмов для маневрирования затворами спиральных камер, решеток перед турбинами, затворов водосбросных отверстий и т. д.

В августе 1955 года первыми вступили в эксплуатацию нижние судоходные шлюзы и была перекрыта banquetом левая протока Волги, отделенная от правой искусственно намывным островком, на котором расположена опора канатной дороги. В октябре — ноябре форсировались работы по перекрытию правой протоки, после чего приступили к намыву первой части русловой земляной плотины. Гребень плотины довели до отметки, позволяющей в декабре пустить первый агрегат Куйбышевской ГЭС.

Ответственнейшие работы по перекрытию русла Волги проводились в три этапа. На первом этапе, до весеннего паводка 1955 года, производилась отсыпка banquetов до отметок, позволяющих осуществлять бесперебойное судоходство. Таким образом, в этот период верх banquetов был ниже уровня воды в реке примерно на 4—6 метров. На втором этапе, на спаде весеннего паводка 1955 года, производилась отсыпка верхового и низового banquetов в левом русле до отметки, превышающей уровень воды в Волге. На третьем этапе, в октябре — ноябре 1955 года, производилась отсыпка banquetа в правом русле до отметки выше горизонта воды.

Суда в районе сооружений Куйбышевской ГЭС в период закрытия левого русла Волги проходили через правое русло и одну нитку шлюзов. После открытия второй нитки шлюзов все суда шли только через шлюзы.

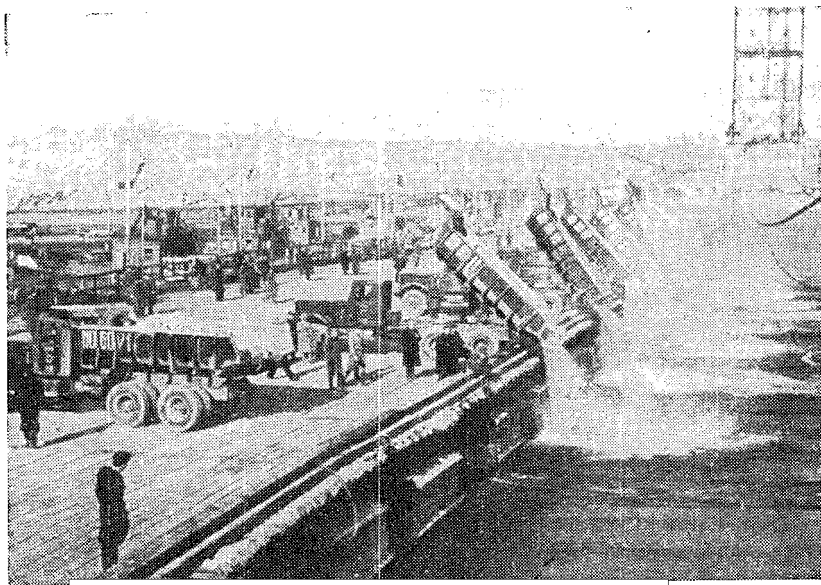
Отсыпка banquetа в левом русле осуществлялась с канатной дороги и с барж.

Перекрытие правого русла Волги, то есть ее полное перекрытие с направлением всего потока воды в водосбросные отверстия гидроэлектростанции, являлось очень сложной гидротехнической задачей. Этой работе предшествовала большая проектная и научно-исследовательская подготовка.

Были рассмотрены различные способы закрытия правого русла реки: с наплавного моста автосамосвалами, с временного железнодорожного моста, с канатной дороги и другие. Так-

же изучались различные материалы и конструкции, которые могли быть применены для перекрытия русла.

Для обоснования проектных проработок по перекрытию русла Волги в гидротехнической лаборатории проводились специальные исследования по проверке пропускной способности водосбросных отверстий ГЭС при различных состояниях готовности отдельных секций и разной ширине раскрытия перемычек (ГЭС состоит из 10 секций по два агрегата в каждой), по определению усилий, возникающих в тросах, удерживающих пон-



Отсыпка камня с наплавного моста 10-тонными самосвалами

тонный мост. Изучались условия формирования каменного банкета при его равномерной отсыпке с понтонного моста. Рассматривалась целесообразность использования для перекрытия русла тяжелых бетонных массивов разной формы, каркасных проницаемых конструкций и металлических ферм.

На основании проведенных исследований был принят способ отсыпки банкета с наплавного моста, как наиболее надежный.

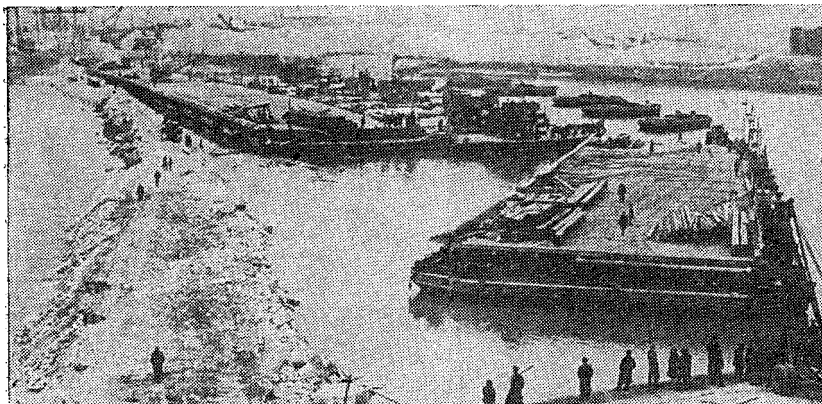
Перекрытию правого русла Волги предшествовало затопление котлована гидроэлектростанции, в водосбросные отверстия которой устремились воды Волги.

30 октября 1955 года началось перекрытие Волги, через 19 час. 30 мин. оно было закончено. Перекрытие правого русла Волги протяженностью 300 м было осуществлено сбрасыванием с понтонного моста 1 600 десятитонных бетонных тетраэдров и отсыпкой 6 тыс. куб. м камня.

В период перекрытия русла Волги расход воды в реке составлял около 4 тыс.  $m^3/сек.$  Для сравнения укажем, что в момент перекрытия русла Дона в створе Цимлянской ГЭС расход воды равнялся 240  $m^3/сек.$  Камы в створе Камской ГЭС — 1 700, Волги в створе Горьковской ГЭС — 1 800  $m^3/сек.$

Строители Куйбышевской станции так тщательно подготовились к перекрытию русла Волги, что успешно провели бы его и в том случае, если бы пришлось это делать во время высокого осеннего паводка с расходом воды до 12 тыс.  $m^3/сек.$

Принятый при строительстве метод перекрытия русла вполне себя оправдал и может быть рекомендован для внедрения на строительствах других ГЭС на крупных реках. При менее значительных расходах воды могут применяться иные, более дешевые способы.



25X1

Одновременно с перекрытием русла реки производился намыв русловой земляной плотины. После перекрытия Волги были включены в работу 9 мощных земснарядов с общей суточной производительностью 250 тыс. *куб. м* грунта. При помощи этих землесосов, несмотря на неблагоприятные гидрометеорологические условия, в ноябре и начале декабря было намыто около 5 млн. *куб. м* грунта. При такой готовности плотины можно было наполнять водохранилище до отметок, позволяющих осуществить пуск агрегатов Куйбышевской ГЭС. Наполнение водохранилища совпало с образованием ледостава на участке Волги выше Куйбышевской ГЭС, вызвавшего уменьшение протока воды. В то же время на нижележащем участке реки еще не установился ледяной покров. В этих условиях нужно было соблюдать строгий режим пропуска воды для поддержания уровней на таких минимальных отметках, которые

обеспечивали бы водоснабжение расположенных ниже городов и безопасные условия для отстоя флота в затонах.

В этот ответственный период суммарный расход воды в Волге, составлявший около 3 тыс.  $m^3/сек$ , был как бы поделен между верхним и нижним бьефами: 1 500  $m^3/сек$  сбрасывалось в нижний бьеф через отверстия ГЭС и 1 500  $m^3/сек$  задерживалось в водохранилище для его наполнения.

В 1955 году были произведены такие важнейшие работы как перекрытие русла Волги, введение в эксплуатацию нижних судходных шлюзов и пуск первого агрегата гидроэлектростанции. Однако не менее серьезные работы предстоят строителям в 1956 году.

В этом году весенний паводок Волги впервые задерживался в водохранилище. Перед паводком коллектив строителей выполнил огромные работы по намыву сопряжения между земляной и бетонной плотинами, монтажу затворов плотины, достройке верхних шлюзов. Своевременное выполнение этих работ позволило открыть навигацию в нормальные сроки и наполнить водохранилище до намеченного на этот год уровня. Героически работал весь многотысячный коллектив строителей в эти напряженные дни. Была разработана схема пропуска весеннего паводка. По этой схеме приточные расходы Волги вначале пропускались через отверстия гидроэлектростанции и два работающих агрегата ГЭС. Пропускная способность этих отверстий составляла 10 000  $m^3/сек$ . Таким образом наполнение водохранилища было несколько замедлено, что позволило закончить все необходимые работы в котловане водосливной плотины, находившемся в начале паводка за перемычкой. К тому времени, когда уровни воды достигли предельных отметок, все работы в котловане были закончены и строители приступили к разборке перемычки и организованному затоплению котлована водосливной плотины.

После затопления котлована отверстия гидростанции были закрыты и волжская вода стала пропускаться через водосливную плотину и два агрегата ГЭС.

В 1956 году будут продолжаться работы по достройке гидроузла и по подготовке зоны водохранилища, устройству судовых ходов, тоневых участков, переносу и устройству на новых местах селений и дорог, устройству портов, причалов, обвалованию городов и другие.

ЛИТЕРАТУРА

Кулев И. Развитие электроэнергетики — основное условие технического прогресса. Журнал «Коммунист», 1955, № 12.

Логинов Ф. Г. Развитие советской энергетики и задачи энергетического строительства. Журнал «Электричество», 1955, № 7.

Давыдов М. М. Гидротехническое строительство в СССР в пятой пятилетке. М. «Знание». 1954.

Румянцев А. М. Автоматика и телемеханика на водных путях и гидротехнических сооружениях. М. «Знание». 1954.

Твердислов А. А. и Кусков Л. С. Реконструкция водных путей СССР. Журнал «Речной транспорт», 1952, № 6.

Кусков Л. С. Водное хозяйство гидроэлектростанций. М. Госэнергоиздат. 1954.

Дмитриев И. И. Современное строительство гидроэлектростанций. М. «Знание». 1955.

Гришин М. М. Развитие советской гидротехники и гидротехнического строительства. М. «Знание». 1955.

Жимерин Д. Г. Электрфикация народного хозяйства Советского Союза. М. «Знание». 1955.

★ К ЧИТАТЕЛЯМ ★

Издательство «Знание» Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний просит присылать отзывы об этой брошюре по адресу: Москва, Новая площадь, д. 3/4.

Автор  
Николай Александрович Малышев.

Редактор Т. Ф. Исланкина.  
Техн. редактор П. Г. Ислентьева.  
Корректор Г. М. Бауэр.

А 05192. Подписано к печати 4/VI 1956 г. Тираж 73 000 экз. Изд. № 40.  
Бумага 60 × 92 1/16—1 бум. л.—2 печ. л. Уч-изд. 1,87 л. Заказ 1063.

Ордена Ленина типография газеты «Правда» имени И. В. Сталина.  
Москва, ул. «Правды», 24.

60 коп.

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»  
ВСЕСОЮЗНОГО ОБЩЕСТВА ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ  
ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ**

**ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА  
НА БРОШЮРЫ-ЛЕКЦИИ**

**Первая, общественно-политическая серия** — 40 брошюр-стенограмм лекций по вопросам истории КПСС, истории СССР, всеобщей истории.

**Вторая, общественно-политическая серия** — 56 брошюр-стенограмм лекций по вопросам диалектического и исторического материализма, истории философии, психологии, политической экономии, государства и права, а также на педагогические и научно-атеистические темы.

**Третья, естественно-научная серия** — 52 брошюры-стенограммы лекций по вопросам биологии, медицины, геологии, географии, химии, физики, математики и астрономии.

**Четвертая, научно-техническая серия** — 40 брошюр-стенограмм лекций по вопросам техники, истории технических открытий и изобретений, о передовом производственном опыте, о наиболее выдающихся работах в области научно-технического прогресса в СССР.

**Пятая, сельскохозяйственная серия** — 36 брошюр-стенограмм лекций по вопросам экономики сельского хозяйства, о достижениях советской сельскохозяйственной науки, об опыте новаторов и передовиков сельского хозяйства.

**Шестая серия** — литература и искусство. 24 брошюры-лекции по советской и русской классической литературе, литературе народов СССР и зарубежной литературе, по искусству и отдельным вопросам литературоведения, языкознания и эстетики.

**Седьмая серия** — вопросы международной жизни. 32 брошюры-лекции о внешней политике СССР, стран народной демократии, о внешней политике и внутреннем положении капиталистических государств, о современных международных отношениях, борьбе за мир и безопасность, о рабочем, демократическом и национально-освободительном движении.

**ПОДПИСНЫЕ ЦЕНЫ:**

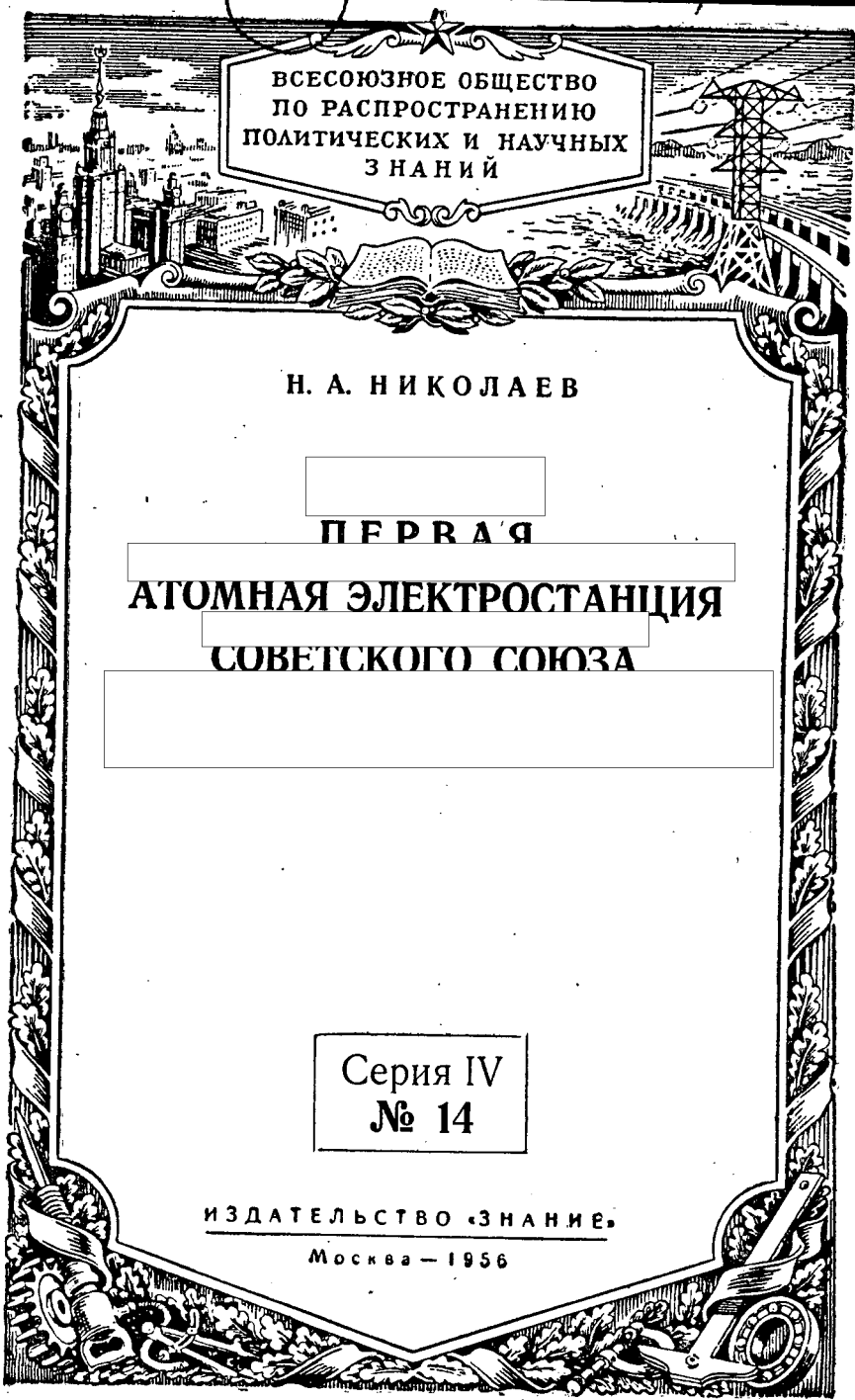
Серия	На год		На полгода		На полгода	
	колич. лекций	сумма	колич. лекций	сумма	колич. лекций	сумма
Первая . . . . .	40	24 р.	20	12 р.	10	6 р.
Вторая . . . . .	56	33 р. 60 к.	28	16 р. 80 к.	14	8 р. 40 к.
Третья . . . . .	52	31 р. 20 к.	26	15 р. 60 к.	13	7 р. 80 к.
Четвертая . . . . .	40	24 р.	20	12 р.	10	6 р.
Пятая . . . . .	36	18 р.	18	9 р.	9	4 р. 50 к.
Шестая . . . . .	24	12 р.	12	6 р.	8	3 р.
Седьмая . . . . .	32	19 р. 20 к.	16	9 р. 60 к.	8	4 р. 80 к.

Подписка принимается городскими и районными отделами «Союзпечать», конторами, отделениями и агентствами связи, почтальонами, а также общественными уполномоченными по подписке на фабриках и заводах, в совхозах и колхозах, в учебных заведениях и учреждениях.

Издательство «ЗНАНИЕ»



(A)



ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ  
ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ  
ЗНАНИЙ

Н. А. НИКОЛАЕВ

[Redacted]

ПЕРВАЯ

[Redacted]  
АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

[Redacted]  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА

[Redacted]

Серия IV  
№ 14

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва — 1956

25X1

25X1

25X1

25X1

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

---

---

Н. А. НИКОЛАЕВ

ПЕРВАЯ  
АТОМНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

---

---

Москва



1956

**Page Denied**

27 июня 1954 года в Советском Союзе вошла в эксплуатацию первая в мире атомная электростанция мощностью 5 тыс. киловатт (*квт*). Впервые в истории человечества энергия, заключенная в атомном ядре, стала использоваться в промышленных масштабах.

Использование атомной энергии открывает перед человечеством неограниченные возможности роста производительных сил, технического и культурного прогресса, увеличения общественного богатства, расширяет власть человека над силами природы.

Сооружение первой в мире атомной электростанции явилось триумфом советской науки и техники, результатом громадного труда ученых и инженеров нашей страны.

Пуск атомной электростанции в СССР наглядно подтвердил мирные стремления Советского Союза, последовательно борющегося за разрядку международной напряженности, за запрещение атомного и водородного оружия, за сокращение вооружений, за мир во всем мире.

Первая атомная электростанция является началом развития атомной энергетики в нашей стране, реальной основой для накопления технического и экономического опыта в области проектирования и сооружения атомных электростанций и базой для широкой подготовки необходимых кадров.

Опыт работы первой атомной электростанции Советского Союза может быть использован также и в других странах.

На Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, август 1955 года) доклад советской делегации о первой атомной электростанции вызвал большой интерес у присутствовавших делегаций 73 стран.

Сообщение о работе первой промышленной атомной электростанции нашло широкий отклик в печати зарубежных стран. Атомную электростанцию посещают дипломаты многих стран, делегации ученых, инженеров, журналисты.

Все это свидетельствует о стремлении народов мира к широкому использованию атомной энергии на благо и процветание человечества.

Советский Союз охотно делится с другими государствами своим опытом в деле мирного использования атомной энергии,

оказывает бескорыстную помощь ряду стран в развитии ядерной физики и атомной техники. Это позволит странам, получающим помощь, в короткий срок расширить научно-исследовательские работы в области ядерной физики, накопить опыт и подготовить научные и инженерные кадры для широкого разворота работ по мирному использованию атомной энергии.

Новым этапом в развитии международного сотрудничества в деле изучения атомного ядра является организация одиннадцати государствами (Албанией, Болгарией, Венгрией, Германской Демократической Республикой, Китаем, Корейской Народно-Демократической Республикой, Монголией, Польшей, Румынией, СССР и Чехословакией) Объединенного института ядерных исследований, которому Советский Союз передает первоклассное научно-исследовательское оборудование. Объединение усилий ученых разных стран для решения важнейших проблем современной физики создает благоприятные условия для дальнейшего прогресса науки и техники, открывает еще большие перспективы применения великой силы атома на благо человечества.

#### Физические основы атомной энергетики

Прежде чем рассказать о первой атомной электростанции, ознакомимся очень кратко с физическими основами атомной энергетики<sup>1</sup>.

Все атомы химических элементов состоят из одних и тех же частиц: протонов, нейтронов и электронов. Атом представляет собой как бы крошечную «солнечную систему», в центре которой находится ядро, состоящее из положительно заряженных частиц — протонов, и не имеющих электрического заряда частиц — нейтронов. Вокруг ядра вращаются электроны, имеющие отрицательный электрический заряд.

Размеры атома исключительно малы: в среднем диаметр атома равен одной стомиллионной доле сантиметра ( $10^{-8}$  см); диаметр ядра в десятки тысяч раз меньше диаметра атома. Вес атома тоже чрезвычайно мал. Для примера укажем, что в одном грамме водорода содержится  $6 \cdot 10^{23}$  атомов, т. е. приблизительно в 200 тыс. миллиардов раз больше, чем всего людей на земном шаре.

Если вес атома измерять в граммах, то получится очень малое число. Поэтому вес атома выражают в относительных единицах, принимая вес атома кислорода за 16 единиц. Таким образом, число, равное отношению веса данного атома к весу

---

<sup>1</sup> Желаящих более подробно ознакомиться с этими вопросами отсылаем к литературе, указанной в конце лекции.

одной шестнадцатой части атома кислорода, называется атомным весом<sup>1</sup>.

Так как у протона и нейтрона массы практически равны, а у электрона она в 1840 раз меньше, то почти вся масса атома (99,95%) сосредоточена в ядре.

Число протонов в ядре определяет его положительный заряд, равный порядковому номеру элемента в периодической системе Менделеева. Так как число электронов в атоме равно числу протонов в его ядре, то атом в целом электрически нейтрален.

Наряду с зарядом ядра, важной его характеристикой является так называемое массовое число, равное сумме числа протонов и нейтронов в ядре.

Химические свойства элементов характеризуются зарядом ядра (порядковым номером), который равен числу протонов в ядре, а значит, и числу электронов в атоме. Следовательно, атомы, у которых в ядрах содержится одинаковое число протонов, но различное число нейтронов, имеют одинаковые химические свойства. Такие атомы называются изотопами<sup>2</sup>. Таким образом, изотопы — это разновидности данного элемента, отличающиеся массовыми числами.

Так, например, природный уран представляет собой смесь трех изотопов: урана 238, урана 235 и урана 234; в ядрах каждого из этих изотопов содержится одинаковое количество протонов — 92 и различное количество нейтронов, соответственно 146, 143 и 142.

В природе встречается около 280 устойчивых изотопов и около 50 неустойчивых изотопов; кроме того, с помощью различных ядерных реакций получено искусственно свыше 700 неустойчивых изотопов. Наибольший атомный вес из всех элементов, существующих в природе в заметных количествах, имеет уран. Более тяжелые элементы получены искусственным путем.

Между нейтронами и протонами, а также между протонами и между нейтронами в ядре действуют особые силы притяжения. Одной из особенностей этих сил является то, что они действуют только на таких малых расстояниях, как внутриядерные. Благодаря наличию этих сил существуют устойчивые атомные ядра, хотя в них исключительно плотно «упакованы» положительно заряженные протоны, которые при отсутствии внутриядерных сил притяжения должны были бы разлетаться из-за электростатического отталкивания одноименных зарядов.

Как уже упоминалось, в атоме расстояние электронов от

<sup>1</sup> В химической шкале атомных весов величина 16 считается весом природной смеси изотопов кислорода, а в физической шкале — весом основного изотопа смеси ( $O^{16}$ ).

<sup>2</sup> Слово «изотоп» происходит от греческого «изос» — равный и «тоπος» — место; следовательно, изотопы — это атомы, занимающие в периодической системе Менделеева одно и то же место.

ядра в десятки тысяч раз превышает размеры самого ядра; поэтому связь электронов с ядром значительно слабее, чем связь нейтронов и протонов в ядре. Именно это является причиной того, что при химических процессах, например при сгорании органических топлив, в которых участвуют только электроны, выделяется в миллионы раз меньше энергии, чем при ядерных реакциях, протекающих между ядерными частицами — протонами и нейтронами.

Энергия, выделяющаяся при химических реакциях, составляет всего несколько электрон-вольт (*эв*)<sup>1</sup>. При ядерных же реакциях освобождается энергия в миллионы электрон-вольт (*Мэв*).

Громадное различие в величине энергии, выделяющейся при ядерных и химических реакциях, побудило ученых искать пути решения заманчивой проблемы получения и использования атомной энергии, т. е. энергии ядерных реакций.

Известно, что в природе происходят некоторые самопроизвольные ядерные реакции. Это, в частности, связано с тем, что ядра атомов тяжелых элементов, имеющие более 80 протонов, неустойчивы. Электростатическое отталкивание большого числа протонов ослабляет внутриядерные силы притяжения настолько, что оказывается возможным вылет частиц из ядра.

С течением времени ядра атомов таких элементов самопроизвольно распадаются, испуская альфа ( $\alpha$ )-частицы ( $\alpha$ -распад), или электроны — бета ( $\beta$ )-частицы ( $\beta$ -распад), или гамма ( $\gamma$ )-лучи. Это явление, как известно, носит название естественного радиоактивного распада.

Энергия, освобождающаяся при естественном радиоактивном распаде, относительно велика, но скорость распада, т. е. доля атомов, распадающихся в единицу времени, столь мала, что практически использовать выделяющуюся энергию при этом не представляется возможным. Например, 1 г радия при естественном радиоактивном распаде выделяет в час около 0,140 больших калорий (*ккал*), или 140 малых калорий (*кал*); этого количества тепла хватит, чтобы нагреть лишь 140 г воды на 1°С.

В 1939 году был открыт новый тип ядерной реакции — реакция деления ядер тяжелых атомов. Оказалось, что при бомбардировке нейтронами ядро делится на две части, при этом освобождается большое количество энергии.

При прохождении через вещество нейтрон вследствие отсутствия заряда электрически не взаимодействует ни с ядром атома, ни с электронами. Поэтому нейтрон имеет большую вероятность столкнуться с ядром.

<sup>1</sup> Электрон-вольт — это энергия, которую приобретает любая заряженная частица с единичным зарядом (заряд электрона) при прохождении электрического поля разностью потенциалов в один вольт.

Экспериментами было установлено, что при попадании в ядро урана нейтрона происходит его захват, а затем деление ядра на два «осколка» — ядра более легких элементов.

Эта ядерная реакция обладает двумя замечательными свойствами.

Во-первых, при реакции деления ядер урана выделяется большое количество энергии. Во-вторых, реакция деления урана, вызванная захватом свободного нейтрона, в свою очередь сопровождается вылетом двух-трех нейтронов.

Таким образом, при определенных условиях процесс деления ядер урана может протекать за счет появления новых нейтронов, т. е. окажется самоподдерживающимся. При этом будет непрерывно освобождаться энергия — около 200 Мэв на каждое разделившееся ядро, что соответствует примерно  $3,2 \cdot 10^{-11}$  ватт-секунд.

Так как в 1 г урана содержится  $2,6 \cdot 10^{21}$  атомов, то энергия, освобождающаяся при его полном «сгорании» — т. е. делении всех ядер, — составит  $2,3 \cdot 10^4$  киловатт-часов (квт-ч).

Примерно 90% энергии деления ядер урана превращается в тепло за счет кинетической энергии образующихся осколков и энергии радиоактивного излучения.

Рассмотрим теперь возможность осуществления цепной реакции.

Так как при каждом акте деления ядер урана вылетают два-три нейтрона, которые способны вызвать деления других ядер, то становится очевидным, что могут быть осуществлены условия для самоподдерживающейся цепной реакции.

Число нейтронов при последующих актах деления будет возрастать в геометрической прогрессии, причем одновременно будет происходить освобождение ядерной энергии.

Следует, однако, иметь в виду, что не все нейтроны, получившиеся в процессе деления, принимают участие в цепной реакции. Это связано с тем, что некоторая часть нейтронов может принять участие в других реакциях или же вылететь за пределы системы, в которой происходит цепной процесс.

Обязательное условие поддержания цепной реакции состоит в том, чтобы по крайней мере один нейтрон, образовавшийся при делении ядра, вызывал бы деление другого ядра.

Оказалось, что ядра урана 235 и урана 238 ведут себя неодинаково в отношении деления.

Ядра урана 235 способны делиться под действием нейтронов и малой и большой энергии, причем наиболее эффективно с ядрами урана 235 взаимодействуют медленные нейтроны с энергией примерно 0,025 эв. Ядра же урана 238 делятся только нейтронами с энергией, превышающей 1 Мэв.

При попадании в ядро урана 238 нейтрона с меньшей энергией он захватывается ядром без деления.



Возможна ли цепная реакция в куске естественного урана? Такой уран содержит урана 238—99,282%, урана 235—0,712% (кроме того, имеется еще ничтожное количество — 0,006% — урана 234).

В каждую секунду в килограмме природного урана происходит по 6—7 самопроизвольных делений и рождается 15—20 вторичных быстрых нейтронов.

Тем не менее, цепной реакции в куске природного урана не произойдет, так как большая часть нейтронов не вызовет новых делений. Это объясняется тем, что много нейтронов будет поглощено ураном 238 без деления и, кроме того, часть нейтронов вылетит за пределы куска урана.

С увеличением размеров куска доля вылетающих нейтронов уменьшится. Однако и в сколь угодно большом куске природного урана цепная реакция не произойдет из-за значительного захвата рождающихся вторичных нейтронов ураном 238 без деления.

Чтобы избежать захвата большого числа нейтронов ураном 238 и осуществить цепную реакцию в естественном уране, необходимо быстрые нейтроны сделать медленными, уменьшить их скорости с 10 тыс. км/сек до 2,2 км/сек, т. е. довести энергию нейтронов до энергии теплового движения атомов вещества (такие нейтроны называют тепловыми).

При этом достигается максимальная вероятность попадания нейтрона в ядро урана 235 и его деление и минимальная вероятность захвата нейтрона ураном 238.

Вещества, в которых быстрые нейтроны теряют свою энергию и превращаются в тепловые, называются замедлителями.

Замедление нейтронов происходит из-за столкновения их с ядрами атомов замедлителя. При этом нейтроны передают часть своей кинетической энергии этим ядрам.

Быстрые нейтроны лучше всего замедляются в среде, содержащей ядра с малыми массовыми числами и мало поглощающей нейтроны. Поэтому в качестве замедлителей применяется обыкновенная вода, тяжелая вода, бериллий и углерод.

Как уже упоминалось, в результате деления ядер урана 235 получаются два осколка — новые ядра, атомный вес которых примерно вдвое меньше, чем урана. Все осколки деления представляют собой элементы середины таблицы Менделеева.

Осколки деления содержат больше нейтронов, чем соответствующие природные элементы. Вследствие перегруженности осколков деления нейтронами, происходит испускание некоторого количества нейтронов (0,73%) с небольшим (порядка 10 секунд) запаздыванием относительно момента деления ядра урана.

Реакция деления ядер урана происходит за тысячные доли секунды и, конечно, без наличия запаздывающих нейтро-

нов, время жизни которых несоизмеримо больше, нельзя было бы управлять цепным процессом.

Устройство из урана и замедлителя, которое предназначено для осуществления управляемой цепной реакции деления ядер урана, получило название атомного (ядерного) реактора, или котла.

Чтобы использовать энергию деления ядер урана, реактор должен работать при большой мощности и достаточно высокой температуре. Следовательно, реактор, кроме ядерного горючего (урана) и замедлителя, должен иметь еще и систему отвода тепла.

Для отвода тепла из реактора могут быть использованы различные теплоносители, например обычная вода, газ, жидкие металлы.

Введение в реактор системы охлаждения увеличивает бесполезный захват нейтронов и ухудшает условия протекания цепной реакции. При этом условия могут создаться такие, что цепной процесс в природном уране прекратится.

В силу этого для поддержания цепной реакции приходится применять уже не естественный уран, а уран с повышенным содержанием в нем изотопа 235, т. е. использовать «обогащенный» уран.

Часть реактора, в которой протекает цепная реакция деления ядер урана, называется активной зоной. Она представляет собой замедлитель, в котором размещены охлаждаемые урановые блоки или стержни.

Для уменьшения вылета нейтронов из реактора его активную зону окружают отражателем, возвращающим часть вылетающих нейтронов обратно в реактор. Обычно в качестве отражателя применяются те же вещества, что и для замедлителя.

Количество загружаемого урана, при котором начинается цепная реакция, называется критической массой. Величина критической массы зависит от геометрических размеров и конструкции реактора и способов размещения горючего в замедлителе.

Если построить реактор точно критических размеров, то использовать энергию цепной реакции будет практически невозможно.

Для того чтобы реактор мог служить энергетическим целям, он должен иметь запас «горючего» (урана), превышающий критическую массу. Однако в таком реакторе может происходить самопроизвольный рост мощности до неограниченно большой величины. Поэтому для практического использования энергии деления ядер урана мы должны уметь управлять цепной реакцией.

Регулирование цепной реакции, а значит и управление реактором, осуществляется путем погружения в активную зо-

ну регулирующих стержней, которые изготавливаются из веществ, способных сильно поглощать нейтроны.

Погружая или извлекая из активной зоны регулирующие стержни, можно снижать или увеличивать мощность в реакторе или поддерживать ее точно на заданном уровне.

### Конструкция реактора атомной электростанции

На первой атомной электростанции (рис. 1) установлен реактор на тепловых нейтронах с графитовым замедлителем. Тепловая мощность реактора 30 тыс. квт.

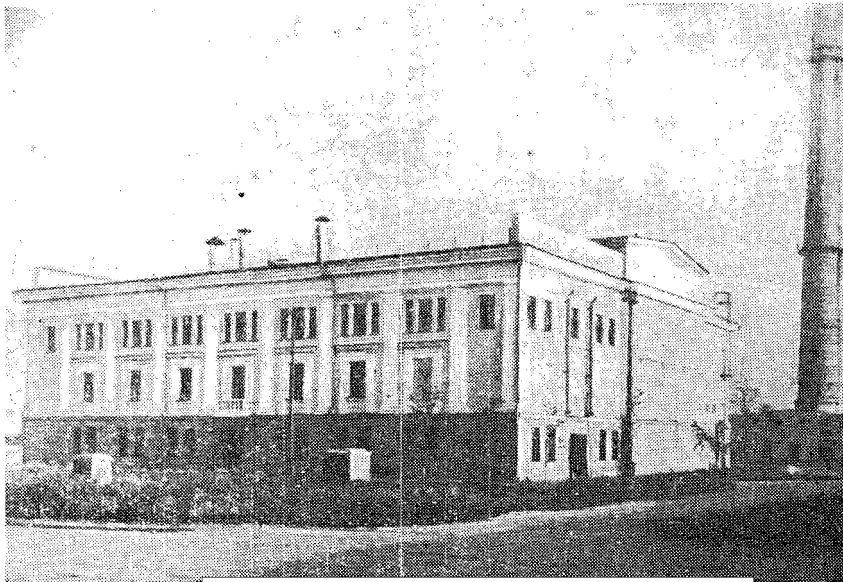


Рис. 1. Здание атомной электростанции.

225X1

Роль теплоносителя выполняет вода под высоким давлением.

На рис. 2 виден верх реактора, а на рис. 3 — центральный зал атомной электростанции, где установлен реактор.

В реактор загружается обогащенный уран, содержащий 5% изотопа 235. Общая загрузка урана составляет около 550 кг.

Представление об устройстве реактора дает рис. 4.

Стальной цилиндрический кожух, покоящийся на бетонном основании, заполнен графитовой кладкой с надлежащими температурными зазорами. Во избежание выгорания графита кожух заполнен инертным газом — гелием или азотом.

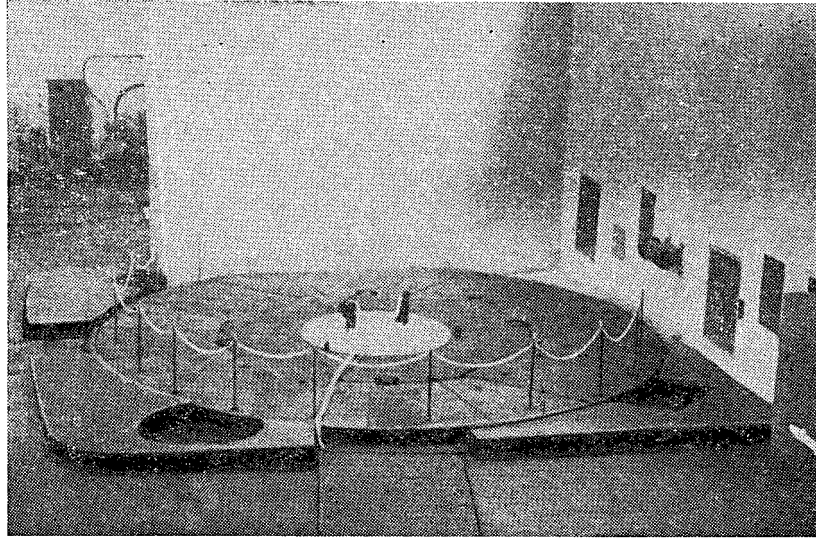
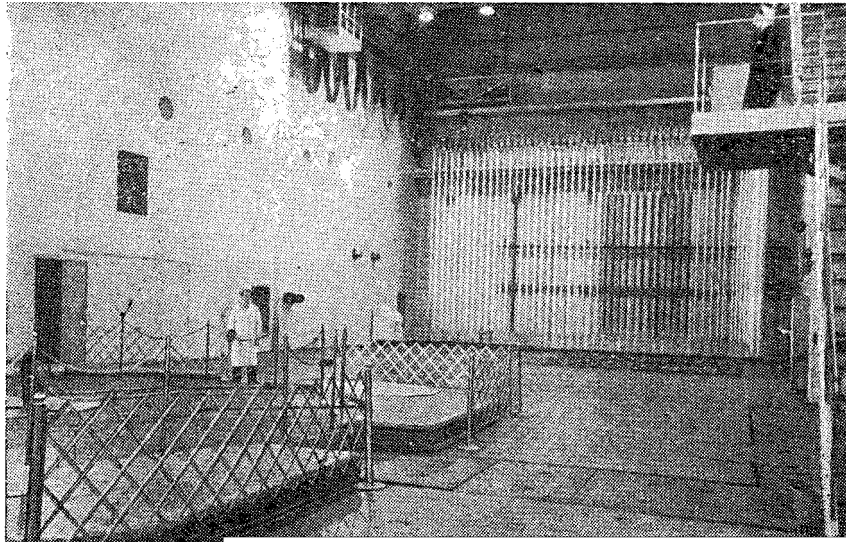


Рис. 2. Верхняя часть реактора

25X1



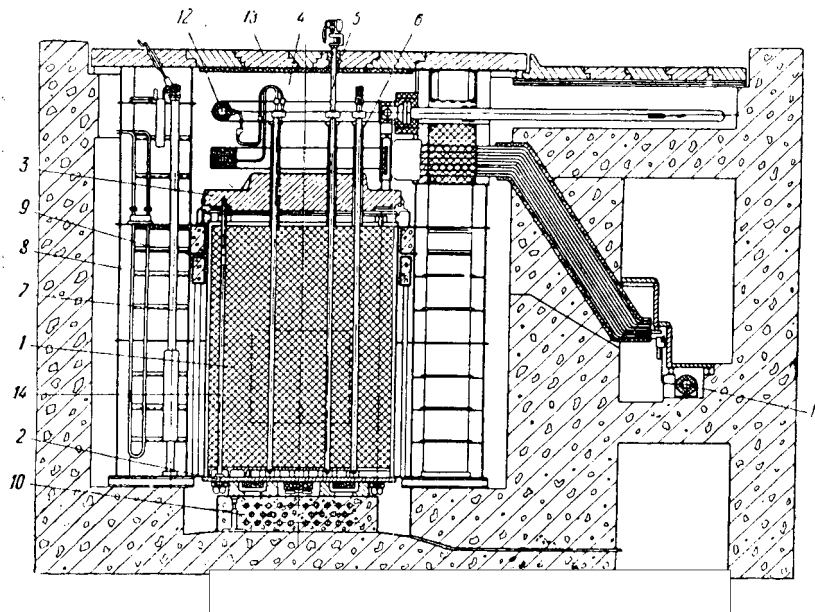
25X1

Рис. 3. Центральный зал атомной электростанции.  
В переднем левом углу виден верх реактора; на стене — запасные рабочие каналы; сзади, в правом углу, видно хранилище для отработанных каналов.

25X1

Графитовая кладка пронизана 157 вертикальными отверстиями, из которых 128 занимают рабочие каналы, содержащие уран (остальные отверстия служат для стержней регулирования и вспомогательных целей).

Активная зона реактора (на рис. 4 обведена пунктиром), имеющая форму цилиндра диаметром 150 см и высотой 170 см, окружена со всех сторон графитовым отражателем толщиной около 70 см.



25X1

Рис. 4. Разрез реактора атомной электростанции:

1 — кладка реактора; 2 — нижняя плита; 3 — верхняя плита; 4 — рабочий канал; 5 — канал аварийной защиты; 6 — канал автоматического регулирования; 7 — канал ионизационной камеры; 8 — боковая защита (вода); 9 и 10 — холодильники; 11 — распределительный коллектор; 12 — сборный коллектор; 13 — верхняя защита (чугун); 14 — охлаждаемая стойка отражателя.

Для обеспечения биологической защиты от радиоактивных излучений стальной кожух с боков окружен кольцеобразным резервуаром, в котором слой воды имеет толщину 100 см, и бетонной стеной толщиной 300 см. Биологическая защита в верхней части реактора выполнена в виде дополнительной графитовой кладки, массивной чугунной плиты (3 на рис. 4), в которой имеются отверстия, точно совпадающие с отверстиями в графитовой кладке реактора, и в виде чугунного перекрытия (плиты перекрытия хорошо видны на рис. 2).

Действие биологической защиты реактора заключается в том, что она поглощает радиоактивные излучения, выходящие из реактора при его работе в виде потоков нейтронов и  $\gamma$ -лучей.

Эти радиоактивные излучения обладают значительной проникающей способностью, поэтому для их поглощения требуются толстые слои железа, воды, бетона, графита и других веществ.

Следует особо подчеркнуть, что биологическая защита обеспечивает полную безопасность людей, работающих на атомной электростанции.

Основная часть реактора — это рабочий канал.

На рис. 5 показан схематический чертеж рабочего канала и его коммуникаций (тракт подвода и отвода воды).

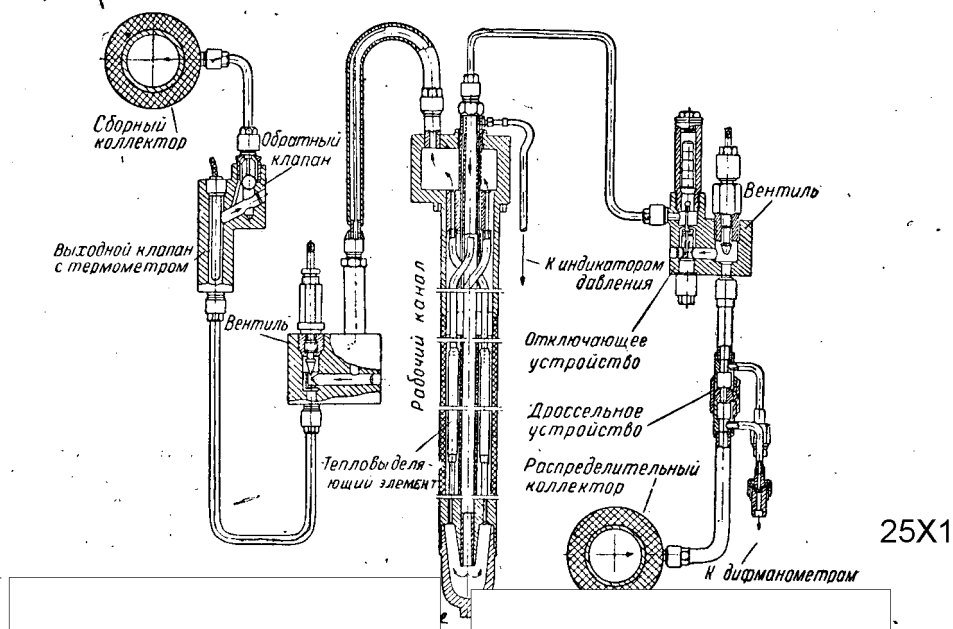


Рис 5. Схематический чертеж рабочего канала и его коммуникаций.

Рабочий канал представляет собой длинный графитовый цилиндр, набранный из втулок. Внутри цилиндра находятся тонкостенные стальные трубки, по которым идет вода. Эта вода поступает через верхнюю головку канала, проходит по центральной трубке вниз и возвращается вверх по четырем трубкам, омывая при этом поверхность урановых тепловыделяющих элементов.

Тепловыделяющие элементы выполнены в виде двух концентрически расположенных стальных трубок, в кольцевом зазоре которых находится уран.

Все рабочие каналы могут быть свободно вставлены в графитовую кладку реактора и извлечены оттуда, так как крепятся на верхней чугунной плите реактора с помощью болтов.

а трубы, подводящие и отводящие воду, имеют разъемные соединения у головки рабочего канала.

Охлаждающая вода от насосов поступает в распределительный (входной) коллектор (рис. 5), откуда по отдельным трубкам проходит к каждому рабочему каналу. Нагретая вода из рабочего канала поступает в общий сборный (выходной) коллектор (12 на рис. 4).

На трактах, подводящих воду к рабочим каналам и отводящих ее, установлены регулирующие вентили, с помощью которых можно изменять расход воды в каждом канале.

Измерение расхода воды в канале осуществляется с помощью дроссельного устройства (расходомерной шайбы) и дифференциального манометра (дифманометра), а температура воды на выходе из рабочего канала измеряется термометром сопротивления.

Кроме того, на водяном тракте рабочего канала установлены грузовое отключающее устройство и обратный клапан, которые прекращают поступление воды в канал в случае его разрыва, с тем чтобы графитовая кладка реактора не залилась водой.

Верх реактора со снятой крышкой показан на рис. 6; видно расположение рабочих каналов и коммуникации к ним (в частности, четко виден сборный коллектор).

#### Технологическая схема

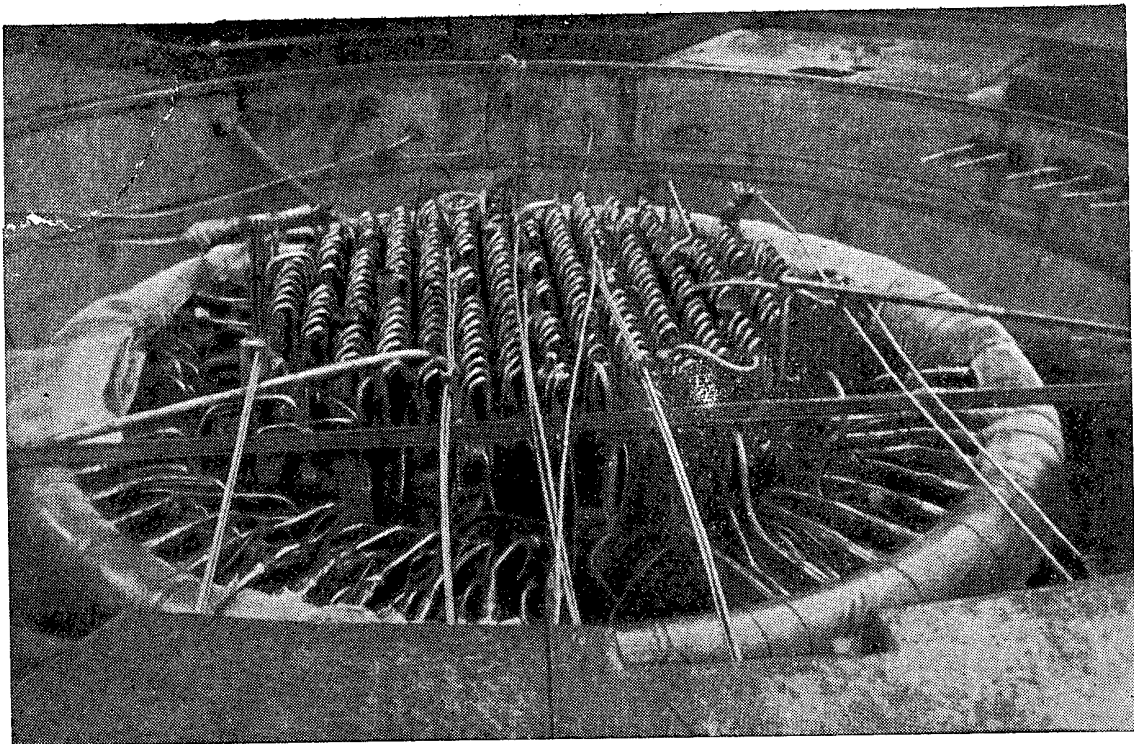
Основой технологической схемы атомной электростанции является двухконтурная система отвода тепла из реактора. Вода первичного контура, находящаяся под давлением 100 атмосфер (*ата*), циркулирует через реактор. Она отнимает тепло, выделяющееся в реакторе, и передает его воде вторичного контура. В результате нагрева вода вторичного контура превращается в пар, приводящий в движение турбогенератор электрической мощностью 5 тыс. *квт* (рис. 7).

Применение двухконтурной системы теплоотвода исключает возможность попадания радиоактивного пара в турбину и ее коммуникации.

Благодаря этому обслуживанию турбогенератора и всего связанного с ним оборудования не требует устройства биологической защиты от радиоактивных излучений, становится безопасным для персонала и ничем не отличается от обслуживания оборудования на обычных тепловых электростанциях.

Вода, проходя активную зону реактора, в некоторой степени влияет на ход цепной реакции деления ядер урана. Поэтому для надежного управления цепной реакцией желательнее не допускать изменения плотности воды и ее кипения.

Кроме того, закипание воды в рабочих каналах увеличило бы отложение солей жесткости на стенках тепловыделяющих эле-



15

Рис. 6. Верхняя часть реактора со снятым чугуном перекрытием, видны коммуникации рабочих каналов.

25X1



ментов, что вызывает ухудшение условий теплопередачи и приводит к повышению температуры тепловыделяющих элементов; это может повлечь за собой выход из строя рабочих каналов.

Поэтому при выборе параметров технологической схемы атомной электростанции было принято, что вода в первом контуре не должна кипеть. По физическим и теплотехническим соображениям давление воды, охлаждающей реактор, было выбрано равным  $100 \text{ ата}$ . При таком давлении вода кипит при температуре  $309,5^\circ\text{C}$ .

Учитывая нестационарные, переходные режимы работы, температура воды, выходящей из реактора, принята

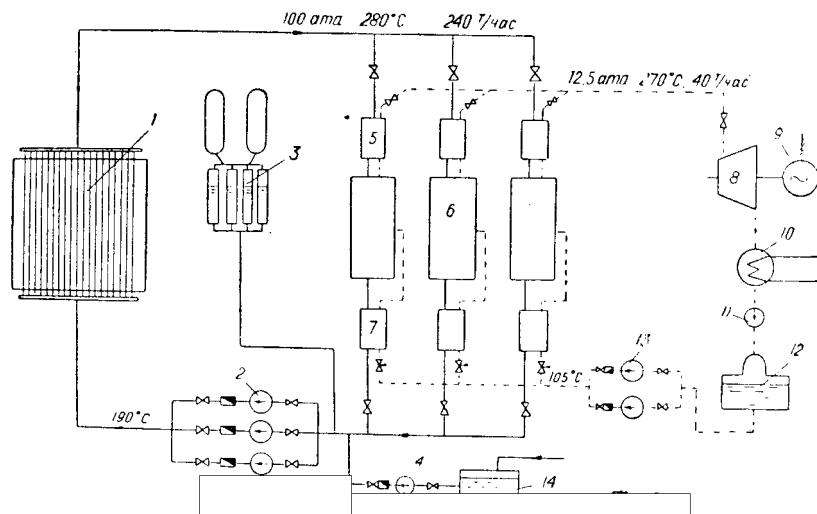


Рис. 7. Технологическая схема атомной электростанции:

1 — реактор; 2 — циркуляционные насосы первичного контура; 3 — компенсаторы объема; 4 — подпиточный насос; 5, 6 и 7 — парогенераторы (5 — пароперегреватель, 6 — испаритель, 7 — водоподогреватель); 8 — турбина; 9 — генератор; 10 — конденсатор турбины; 11 — конденсатный насос; 12 — деаэрактор; 13 — питательный насос вторичного контура; 14 — бак бидистиллята.

$270\text{—}280^\circ\text{C}$ . Температура воды на входе в реактор выбрана  $190^\circ\text{C}$ . Эти температуры определили параметры пара и общий расход воды первичного контура.

Пар, идущий к турбине, имеет температуру  $265\text{—}270^\circ\text{C}$ , давление —  $12,5 \text{ ата}$ .

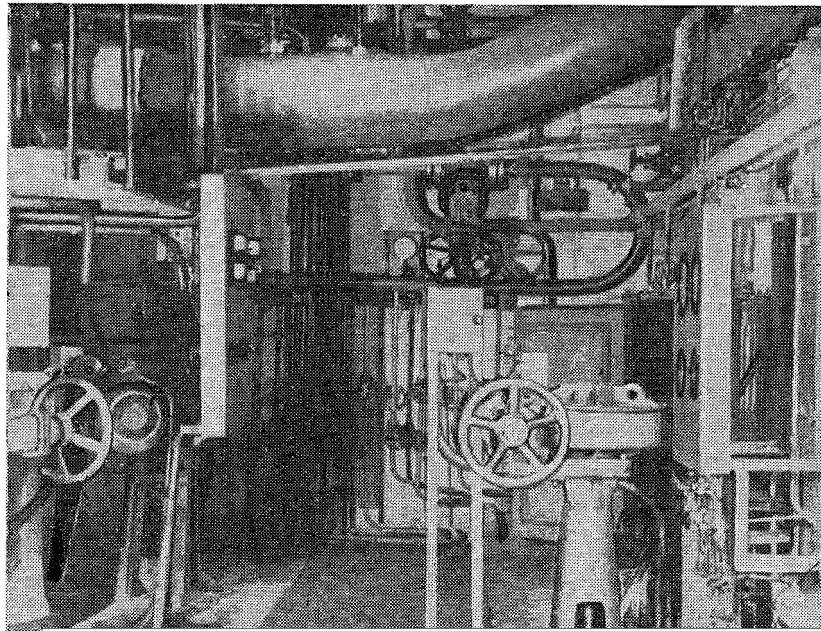
При условии, что охлаждающая вода подогревается в реакторе на  $90^\circ\text{C}$  ( $280\text{—}190$ ), для отвода  $30 \text{ тыс. кВт}$  тепловой мощности требуется прогонять через реактор около  $300 \text{ т}$  воды в час.

Вода первичного контура, нагретая в рабочих каналах реактора, поступает в парогенераторы.

Имеется восемь секций парогенераторов, соединенных парно и установленных в защищенных помещениях (на рис. 8

показан коридор парогенераторов; видна открытая защитная дверь помещения, где установлен парогенератор). При полной мощности станции работают три пары парогенераторов, а четвертая находится в резерве.

Каждая секция парогенераторов состоит из водоподогревателя, испарителя и пароперегревателя. Вода первичного контура в них циркулирует по тонким трубкам. Теплоносители первичного и вторичного контуров движутся в парогенераторах по принципу противотока.



25X1

Рис. 8. Коридор парогенераторов; справа видна открытая дверь

25X1

Из парогенераторов вода первичного контура с температурой 190°C поступает в циркуляционные насосы (рис. 9), которые подают воду опять через общий входной коллектор в рабочие каналы реактора. Установлено четыре циркуляционных насоса. Обычно в работе находятся два насоса, которые обеспечивают необходимый расход воды через реактор.

Так происходит циркуляция воды в замкнутом первичном контуре.

В связи с тем, что вода первичного контура радиоактивна, применение циркуляционных насосов с обычными сальниковыми уплотнениями недопустимо. Поэтому разработана специаль-

ная система гидравлического уплотнения вала. Это обеспечивает полное отсутствие утечек радиоактивной воды из насоса.

Гидравлическое уплотнение вала создается группой плунжерных насосов небольшой производительности, которые способны с помощью регуляторов всегда поддерживать давление на сальниках циркуляционных насосов несколько выше давления воды в насосе. Благодаря этому создается гидравлический запор, предупреждающий утечку радиоактивной воды из насоса через сальники.

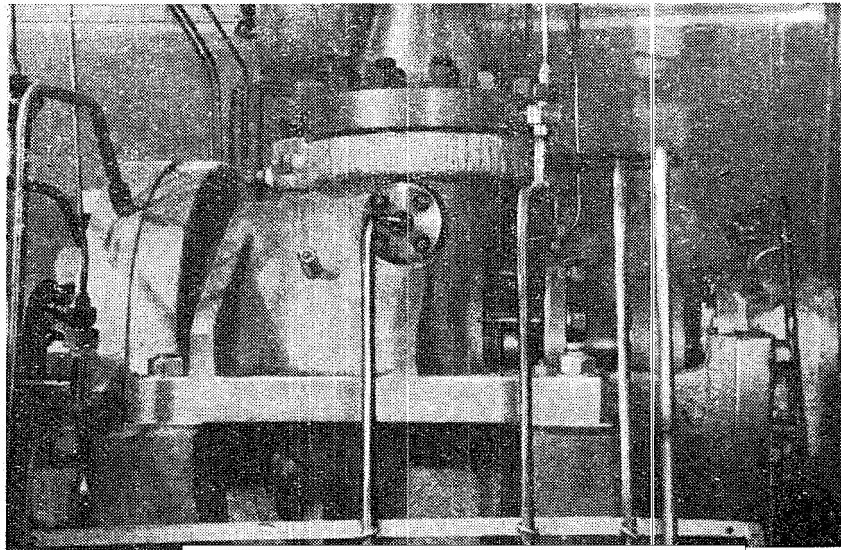


Рис. 9. Циркуляционный насос первичного контура.

25X1

Для компенсации изменений объема первичной воды при нагревании или охлаждении и для поддержания постоянного давления в контуре установлены компенсаторы объема и подпиточный насос. На рис. 10 видны подпиточные и уплотнительные плунжерные насосы.

Изменение объема воды в первичном контуре компенсируется соответствующим повышением или понижением уровня воды в компенсаторах объема. Изменение уровня в компенсаторах объема автоматически вызывает регулирование давления в первичном контуре. Это осуществляется подпиточным насосом в пределах  $100 \pm 0,5 \text{ атa}$ .

Ввиду того, что свободный кислород и примеси, имеющиеся в воде первичного контура, становятся при ее прохождении через реактор радиоактивными, все оборудование и трубопроводы первичного контура размещены в необслуживаемых помещениях с толстыми бетонными стенами.

Очевидно, что с целью уменьшения радиоактивности воды первичного контура и облегчения эксплуатации оборудования следует в первичный контур подавать воду высокой степени очистки и исключить коррозию трубопроводов.

Поэтому на атомной электростанции все оборудование и трубопроводы первичного контура выполнены из нержавеющей стали, а вода в первичный контур подается после двойной перегонки (бидистиллят); в такой воде сухой остаток составляет менее 0,001 г на литр (л). Для сравнения можно указать, что обычная речная вода имеет сухой остаток более 0,1 г на литр.

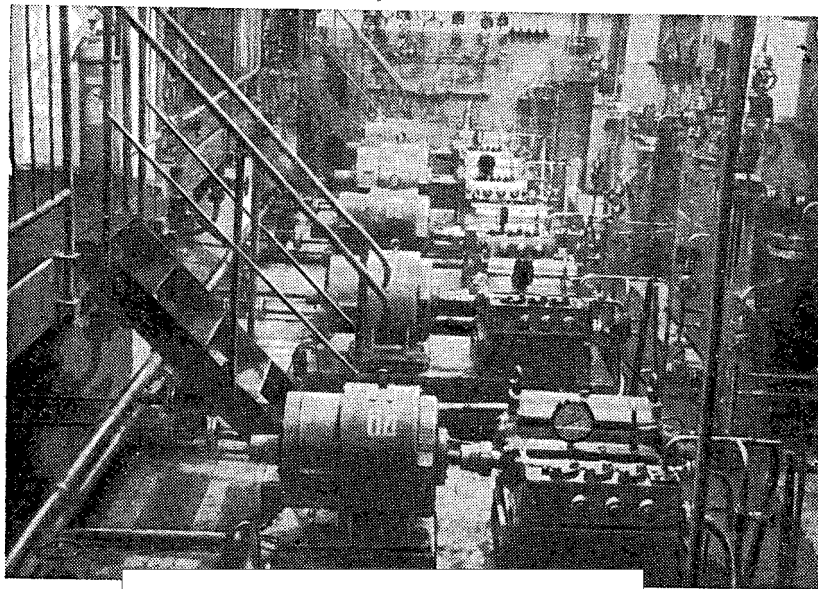


Рис. 10. Подпиточные и уплотнительные плунжерные насосы.

25X1

Малый сухой остаток в первичной воде исключает также образование накипи на стенках тепловыделяющих элементов, что обеспечивает длительную службу рабочих каналов.

При малом содержании примесей в воде первичного контура становятся доступными помещения, в которых размещено оборудование и трубопроводы первичного контура, для их осмотра и кратковременного ремонта.

Вода и, следовательно, пар вторичного контура могли бы приобрести радиоактивность в парогенераторах только в результате смешения с радиоактивной водой первичного контура, например, при разрыве трубок в парогенераторах. Однако этот случай мало вероятен. Поэтому все оборудование вторичного контура выбрано таким же, как и на тепловых электростанциях.

Вода вторичного контура (конденсат) из конденсатора турбины подается питательными насосами в парогенераторы. Здесь она проходит между трубками водоподогревателя, отнимая тепло от первичного контура воды, затем поступает в испаритель, уровень воды в котором поддерживается постоянным с помощью автоматического регулятора.

В испарителе вода вторичного контура испаряется и насыщенный пар поступает в пароперегреватель, где перегревается до температуры 265—270°С.

По паровой магистрали пар направляется в турбогенератор (рис. 11). Из конденсатора турбины вода (конденсат) по-

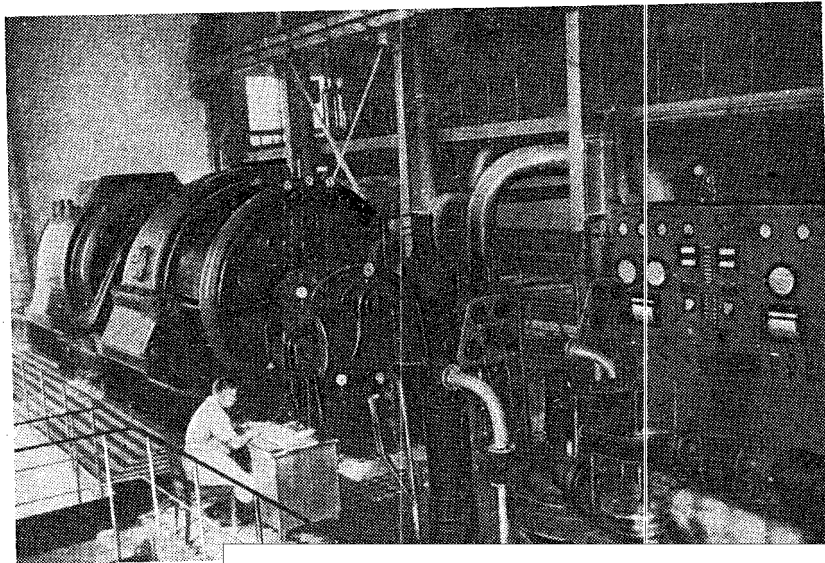


Рис. 11. Турбогенератор атомной электростанции.

25X1

ступает обратно в парогенераторы. Так выглядит вторичный замкнутый контур воды и пара.

При работе станции на полную мощность (5 тыс. кВт) в турбину из парогенераторов поступает 40 т пара в час.

#### Управление и контроль

Управление работой реактора на атомной электростанции производится при помощи поглощающих стержней из карбида бора (бор является сильным поглотителем медленных нейтронов).

Поглощающие стержни подвешены на тросиках в каналах,

пронизывающих активную зону реактора; с помощью сервоприводов стержни могут перемещаться вертикально.

Всего в реакторе имеется 24 канала для поглощающих стержней, охлаждаемых водой отдельными вспомогательными насосами.

По своему назначению поглощающие стержни делятся на три группы.

Первая группа из 18 поглощающих стержней компенсирует избыточный запас урана в реакторе и позволяет по мере израсходования ядерного горючего использовать этот запас для продолжения работы реактора.

Вторая группа из четырех стержней (тоже из карбида бора) предназначена для автоматического поддержания мощности реактора на заданном уровне.

Автоматические регуляторы работают попарно от ионизационных камер, установленных в баках водяной защиты реактора (7 на рис. 4). Одновременно работает одна пара стержней, другая находится в резерве.

Ионизационные камеры чувствительны к нейтронному потоку в реакторе и с помощью электрической схемы и исполнительных механизмов способны управлять автоматическими регуляторами, обеспечивая устойчивое поддержание заданной мощности реактора.

Автоматический регулятор способен регулировать работу реактора при изменении его мощности от 3 до 36 тыс. квт.

Третья группа из двух стержней предназначена для мгновенной остановки реактора при возникновении угрозы аварии.

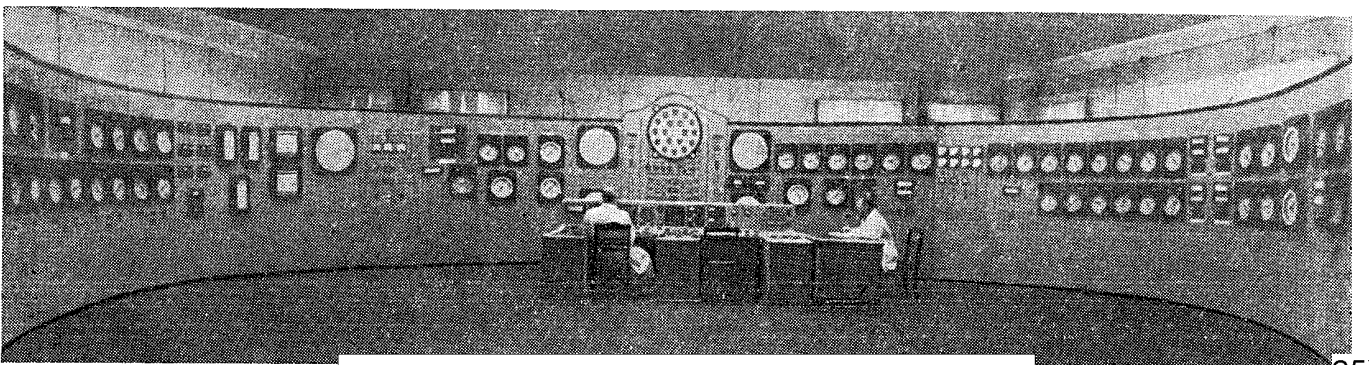
Стержни «аварийной защиты» находятся всегда в верхнем положении, вне активной зоны реактора, а сервоприводы их установлены на крышке реактора (видны на рис. 2).

При подаче аварийного сигнала срабатывает электромагнитный механизм и стержни аварийной защиты за 0,6 секунды падают в активную зону реактора и останавливают цепную реакцию.

Электрическая блокировка позволяет произвести подъем и восстановление мощности реактора только после ликвидации причины, вызвавшей срабатывание аварийной защиты.

Автоматическая остановка реактора стержнями аварийной защиты произойдет при следующих отклонениях в работе станции: непредусмотренный рост мощности реактора на 20% от заданной величины, прекращение электропитания циркуляционных насосов, снижение давления воды в первичном контуре ниже 80 ата, выход из строя автоматических регуляторов, изменение расхода воды в рабочих каналах и другие.

Для обеспечения непрерывного и надежного управления и контроля за работой реактора и станции в целом, она оснащена контрольно-измерительными приборами, аварийной и пре-



25X1

Рис. 12. Центральный щит и пульт управления атомной электростанцией.

дуплетительной сигнализации и автоматическими устройствами.

Управленческие работы станции производятся с центрального пульта (рис. 12). Здесь же размещены основные приборы контроля за работой оборудования, показателиющие положение компенсирующих стержней, давление, расход и температуру первичной воды, мощность реактора, количество, давление и температуру пара, уровень воды в компенсаторах объема и другие.

При отклонении какого-либо параметра от установленных режимов от этих приборов поступают световые и звуковой сигналы, предупреждающие инженера-оператора, который быстро устраняет неисправность и выправляет режим работы.

Кроме общего контроля за работой реактора, важнейшее значение имеет контроль за работой и состоянием каждого рабочего канала, так как выход из строя рабочего канала может вызвать длительную остановку станции. Как известно, увеличение температуры воды выше предельного значения (309,5°С) привело бы к перегреву и, следовательно, могло бы вызвать разрушение тепловыделяющего элемента. Поэтому важен постоянный контроль за температурой воды на выходе из канала.

Температура воды на выходе из каналов измеряется термометрами сопротивления с помощью штекерной панели и обогревающего устройства, показывающего световым сигналом, в каких каналах температура воды превысила заданный уровень.

Наблюдение за режимом работы канала по температуре дополняется контролем за расходом воды.

Расход воды в рабочих каналах измеряется расходомерами, имеющими сигнализацию об изменении расхода, выведенную на центральный щит.

Уменьшение расхода воды через канал приводит к повышению температуры воды в канале. Повышение расхода воды будет свидетельствовать о разрыве трубки в канале.

Если уменьшение или повышение расхода воды в канале выйдет из допустимых пределов, то произойдет срабатывание стержней аварийной защиты и реактор остановится. Это предупредит возможную аварию с рабочим каналом.

С целью обеспечения безопасных условий работы обслуживающего персонала — защиты от радиоактивных облучений — во всех помещениях станции установлены ионизационные камеры для замера  $\gamma$ -излучения и воздухозаборные устройства для контроля радиоактивности воздуха.

В случае, если появится активность по  $\gamma$ -излучению или радиоактивность воздуха в каком-либо из помещений окажется выше нормы, то в этом помещении автоматически будут поданы звуковой и световой сигналы, предупреждающие рабо-

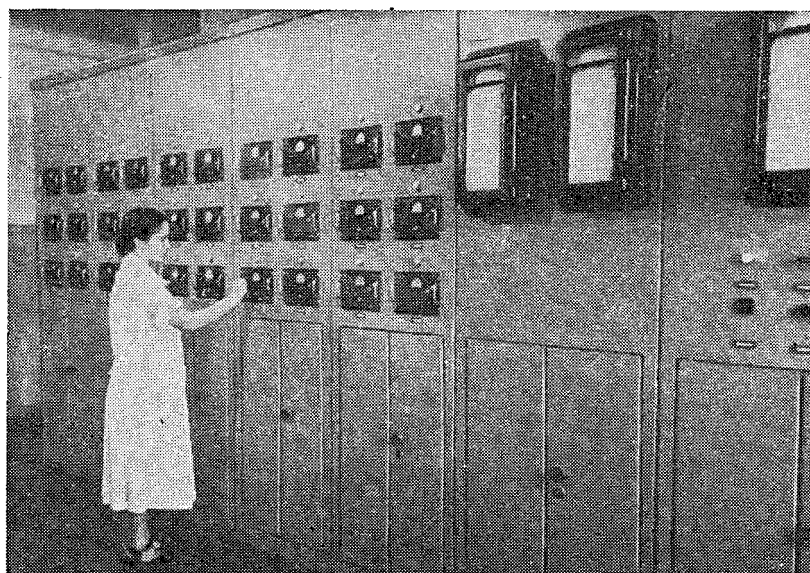


Рис. 13. Центральный дозиметрический щит.

25X1



тающий персонал. Эти же сигналы дублируются на центральном дозиметрическом щите (рис. 13), у которого находится дежурный дозиметрист.

Все помещения станции тщательно вентилируются, воздух выбрасывается в высокую вытяжную трубу (см. рис. 1) и безопасен для населения окружающей местности.

Биологическая защита реактора и оборудования первичного контура обеспечивает при работе станции такие условия, при которых в обслуживаемых помещениях нет радиоактивного излучения.

**Работа атомной электростанции и опыт  
ее эксплуатации**

25X1

Подготовка к пуску атомной электростанции начинается с заполнения водой первичного контура и парогенераторов.

Перед подъемом мощности включаются в работу циркуляционные насосы и устанавливается нужный расход воды через реактор (около 300 т в час).

Тщательно проверяют величину расхода воды через каждый рабочий канал.

Тепловыделение в каналах реактора неодинаковое: наибольшая мощность выделяется в центральных каналах, и уменьшается она к периферии (по радиусам). Таким образом, при равных расходах воды температура ее на выходе из каналов будет различна. Поэтому для выравнивания выходных температур воды по каналам и для повышения общей температуры воды первичного контура целесообразно произвести регулировку расхода воды по каналам в соответствии с их мощностью. Это делается с помощью регулирующих вентилях рабочих каналов.

Затем в работу вводится вспомогательная система охлаждения регулирующих каналов и отражателя, энергомеханическое оборудование, автоматика и приборы контроля, а также система аварийной защиты реактора.

После этого начинается подъем мощности реактора и разогрев первичного и вторичного теплоносителей.

Подъем мощности реактора производится извлечением из активной зоны поглощающих стержней. При наличии в реакторе некоторого количества нейтронов (вследствие самопроизвольного деления ядер урана) извлечение поглощающих стержней вызывает нарастание цепной реакции и увеличение тепловыделения в реакторе.

Скорость подъема мощности реактора не ограничивается физическими процессами и может быть довольно большой.

Практически рост мощности реактора и достижение номинальной рабочей мощности станции определяется временем разогрева воды, подъема параметров пара и пуска турбогенера-

тора и занимает около 2 часов, т. е. как и на обычных тепловых электростанциях.

Обычно разогрев воды первичного и вторичного контуров производится при мощности реактора, равной 5—10%; температура и давление пара в парогенераторах доводятся до номинальных параметров, т. е. до 12,5 *ата* и 270°C. Некондиционный пар при разогреве сбрасывается в пусковой конденсатор (на рис. 7 не показан). После достижения заданных параметров пар направляется в турбогенератор.

Последующий подъем мощности турбогенератора производится за счет дальнейшего извлечения поглощающих стержней и увеличения благодаря этому тепловыделения в реакторе.

Увеличение тепловыделения в реакторе ведет к увеличению количества пара, вырабатываемого в парогенераторах и идущего в турбогенератор.

При достижении нужной мощности на турбогенераторе управление реактора переводится с ручного на автоматическое. Автоматический регулятор с большой точностью и надежностью поддерживает заданную мощность станции и способен обеспечить непрерывную работу реактора.

Режим работы реактора поддерживается в соответствии с электрической нагрузкой турбогенератора: с увеличением электрической нагрузки увеличивается и мощность реактора; снижение электрической нагрузки влечет за собой снижение мощности реактора.

С изменением мощности реактора соответственно изменяется и расход первичной воды; причем расход воды должен быть таким, чтобы постоянной осталась температура пара, идущего в турбину. При работе реактора часть тепла (около 7%) выделяется в графите. Температура графита в центре реактора превышает 650°C. Это тепло отводится из графита охлаждающей водой, которая проходит через рабочие каналы и каналы регулирующих стержней.

За сутки атомная станция при работе на полную мощность (5 тыс. *квт*) расходует 30 г урана 235.

Чтобы выработать столько же электроэнергии на угольной станции, нужно израсходовать около 100 т угля.

Реактор атомной станции способен на одной загрузке работать на полную мощность в течение двух с половиной месяцев.

По прошествии этого времени необходимо пополнить запасы ядерного горючего, сделать перегрузку, т. е. извлечь израсходованные рабочие каналы и загрузить в реактор каналы со свежим запасом урана.

Перегрузка каналов занимает 2—3 дня и требует остановки реактора.

После расхолаживания реактора рабочий канал отключается вентилями от первичного контура охлаждения, подвешивается на крюк подъемного крана, извлекается из реактора и пере-

носится в расположенное в центральном зале (см. рис. 3) хранилище, куда отработанный канал и опускается.

Отработанные каналы обладают большой радиоактивностью, поэтому извлечение их из реактора и транспортировка в хранилище производятся дистанционно. Пребывание персонала в это время в центральном зале недопустимо.

Управление краном производится из-за защитной чугунной кабины, откуда через специальные толстые стекла можно наблюдать за производимой работой.

После загрузки свежего горючего станция восстанавливает свою способность работать на полную мощность снова в течение двух с половиной месяцев, затем операция перегрузки каналов повторяется.

При установке на атомной станции нескольких реакторов перегрузка будет производиться поочередно и не отразится на работе станции.

Остановка станции производится путем опускания поглощающих стержней в активную зону реактора, что ведет к прекращению цепной реакции деления ядер урана.

В этом случае турбогенератор останавливается, а сброс некондиционного пара при расхолаживании первичного контура и парогенераторов происходит в пусковой конденсатор.

За счет радиоактивного распада осколков деления после остановки реактора в нем длительное время продолжает выделяться тепло. Значительное количество тепла выделяется в первые часы после прекращения цепной реакции. Поэтому особенностью работы атомной электростанции является необходимость обеспечения непрерывного охлаждения реактора, даже во время его длительной остановки.

Для обеспечения непрерывной работы циркуляционных насосов первичного контура на станции установлена аккумуляторная батарея. В случае прекращения подачи электроэнергии от основного источника питания аккумуляторная батарея может обеспечить работу двигателей циркуляционных насосов на сниженных оборотах в течение нескольких часов.

Перевод на питание циркуляционных насосов от аккумуляторной батареи происходит автоматически. Это обеспечивает отвод тепла из реактора при аварийных отключениях электроэнергии и предохраняет рабочие каналы от пережога.

Резервным электропитанием от аккумуляторной батареи и работающего от нее моторгенератора обеспечиваются также основные приборы контроля и системы управления реактором.

В процессе циркуляции горячей воды в первичном контуре происходит непрерывное повышение содержания в ней примесей за счет вымывания сальниковых уплотнений, прокладок, трубопроводов.

Для поддержания сухого остатка в воде первичного контура на уровне 0,003 г на литр (как показал опыт, в этом случае

не происходит заметного отложения накипи на стенках рабочих каналов) производят сброс воды из первичного контура (до 300 л в час) и подпитку его свежим бидистиллятом.

Активность воды, сбрасываемой из первичного контура, не высока и составляет  $10^{-5}$  кюри на литр<sup>1</sup>. Такая вода направляется в специальные отстойники, где выдерживается некоторое время, затем разбавляется чистой технической водой до биологической нормы активности и после этого сбрасывается в водоем.

Схема атомной электростанции исключает сброс активных вод за пределы отстойников.

В случае аварийных разрушений каналов осколочная активность в сбросных водах улавливается путем упаривания их в специальных аппаратах.

Первая атомная электростанция со времени пуска испытана на различных режимах работы и выработала более 20 млн. кВт-ч электроэнергии для предприятий и колхозов окружающих районов.

\* \* \*

Результаты эксплуатации атомной электростанции в течение почти двух лет показали ее высокую надежность и устойчивость в работе. Не было ни одного случая серьезного повреждения оборудования.

Режим работы реактора и параметры теплоносителей первичного и вторичного контуров характеризуются высокой степенью стабильности.

Управление станцией поддается широкой автоматизации и не требует большого количества обслуживающего персонала. Деятельность персонала при работе на избранном режиме сводится к наблюдению за приборами и оборудованием.

Основное оборудование и тепловыделяющие элементы работают при проектных параметрах надежно.

Стойкость тепловыделяющих элементов при длительной работе под высоким давлением и при высокой температуре охлаждающей воды, в условиях больших тепловых нагрузок (около  $1,5 \cdot 10^6$  ккал/м<sup>2</sup>час), обеспечила надежную работу всей станции.

Обслуживающий персонал в совершенстве освоил эксплуатацию всего оборудования, переход на резервные циркуляционные насосы и парогенераторы без нарушения работы станции.

За все время работы станции не было ни одного случая переоблучения персонала. Это достигается строгим выполнением правил работы и техники безопасности каждым работником

<sup>1</sup> Такой активностью обладал бы один литр воды, если бы в нем содержалась одна стотысячная доля грамма радия.

станции, а также организацией тщательного индивидуального дозиметрического контроля.

Принятые на атомной станции невысокие параметры пара (давление 12,5 *ата* и 270°С температура перегрева) определили и коэффициент полезного действия станции, равный примерно 17%.

Расход электроэнергии на собственные нужды станции составляет около 12%.

Понятно, что выбранные параметры не являются предельными, и на крупных атомных электростанциях коэффициент полезного действия может быть значительно увеличен.

Стоимость одного киловатт-часа электроэнергии, вырабатываемой на первой атомной электростанции, выше, чем на тепловых электростанциях подобной мощности.

Анализ показывает, что высокая себестоимость электроэнергии, вырабатываемой первой атомной станцией, обусловлена ее малой мощностью, повышенным обогащением урана (из-за малых размеров реактора), а также высокой стоимостью изготовления оборудования и тепловыделяющих элементов (несерийное производство) и большими затратами на организацию их производства.

Поэтому более показательным будет сравнение себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на крупных атомных и тепловых станциях мощностью 100—200 тыс. *квт*.

С увеличением мощности атомной станции себестоимость электроэнергии существенно снижается.

Увеличение размеров реактора позволит уменьшить процент обогащения урана, что значительно снизит топливную составляющую стоимости одного киловатт-часа электроэнергии, вырабатываемой атомной электростанцией.

Можно ожидать, что топливная составляющая стоимости одного киловатт-часа электроэнергии на атомной станции мощностью 100—200 тыс. *квт* (построенной по типу первой атомной станции) будет сопоставима с топливной составляющей стоимости одного киловатт-часа электроэнергии, вырабатываемой угольными станциями такой же мощности.

При серийном производстве оборудования и тепловыделяющих элементов их стоимость также будет резко снижена.

На атомной электростанции отсутствуют топливные склады, транспортные и разгрузо-погрузочные механизмы, устройства топливоподачи, углеразмольные мельницы, системы золоудаления и другие громоздкие сооружения, характерные для угольных электростанций.

Сопоставление размеров зданий таких электростанций показывает, что атомная станция более компактна.

Численность обслуживающего персонала на атомной станции большей мощности будет в 2—3 раза меньше, чем на угольной станции.

Расход электроэнергии на собственные нужды на мощной атомной электростанции может быть ниже, чем на угольной электростанции.

Можно ожидать, что стоимость электроэнергии, вырабатываемой на крупных атомных электростанциях, не будет превышать стоимости электроэнергии, вырабатываемой на современных тепловых электростанциях.

Атомная электростанция мощностью 100 тыс. кВт высвобождает для народного хозяйства страны около 500 тыс. т угля в год, и благодаря этому сокращается загрузка железнодорожного транспорта.

Более экономичными, по сравнению с угольными станциями, атомные электростанции будут в районах, находящихся далеко от источников топлива, т. е. когда транспортные расходы на перевозку топлива велики. Это открывает широкую перспективу сооружения атомных станций для удовлетворения потребностей в электроэнергии бурно развивающейся промышленности и сельского хозяйства в районах нашей страны, удаленных от топливной базы.

С развитием атомной энергетики, безусловно, можно ожидать дальнейшего снижения стоимости электроэнергии, вырабатываемой на атомных станциях, и нет сомнения, что в недалеком будущем новый мощный источник энергии — ядерная энергия — станет играть важную роль в энергетическом балансе многих стран.

В Советском Союзе развитию атомной энергетики уделяется огромное внимание.

В Директивах XX съезда Коммунистической партии Советского Союза по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства намечена большая программа мирного использования атомной энергии. За пять лет должны быть сооружены атомные электростанции общей мощностью 2—2,5 млн. кВт. При этом строительство атомных электростанций будет производиться в первую очередь в районах, не имеющих собственной топливной базы.

Создаются многочисленные кадры атомной энергетики, призванные в широких масштабах развивать и двигать вперед эту новую отрасль промышленности, у которой большое будущее. У нас непрерывно расширяется использование атомной энергии в мирных целях. Широко применяется энергия атомного ядра в различных областях нашего социалистического хозяйства — в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, в науке.

Советский Союз опередил другие страны в применении атомной энергии в мирных целях, что является неоспоримым доказательством его миролюбивой политики, высокого уровня советской науки и техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

Атомная энергетика.— Доклады, представленные иностранными делегациями на Международную конференцию по мирному использованию атомной энергии, Женева, 1955. Госэнергоиздат. 1956.

Балабанов Е. М.— Ядерные реакторы. Изд-во «Знание». 1955.

Блохинцев Д. И. и Николаев Н. А.— Первая атомная электростанция СССР и пути развития атомной энергетики. Доклады советской делегации на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Изд-во АН СССР. 1955.

Блохинцев Д. И., Доллежалъ Н. А. и Красин А. К.— Реактор атомной электростанции АН СССР. «Атомная энергия» № 1, 1956.

Блохинцев Д. И., Минашин М. Е. и Сергеев Ю. А.— Физические и тепловые расчеты реактора атомной электростанции АН СССР. «Атомная энергия» № 1, 1956.

Глесстон С. и Эдлунд М.— Основы теории ядерных реакторов. Изд-во иностранной литературы. 1954.

Гольданский В. И.— Ядерные реакции и методы их осуществления. Изд-во «Знание». 1955.

Грошев Л. В. и Скобельцын Д. В.— Атомная энергия (статья в Большой советской энциклопедии, II изд., т. 3, стр. 437—451).

Кондрагьев В. Н.— Научные итоги Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Изд-во «Знание». 1956.

Корсунский В. Н.— Атомное ядро. Гостехтеоретиздат. 1952.

Лешковцев В. А.— Атомная энергия. Гостехтеоретиздат. 1955.

Лэпп Р. Э. и Эндрюс Г. Л.— Физика ядерного излучения. Воениздат. 1956.

Мэррей Р.— Введение в ядерную технику. Изд-во иностранной литературы. 1955.

Намиас М.— Ядерная энергия. Освобождение и использование. Изд-во иностранной литературы. 1955.

Применение атомной энергии в мирных целях.— Изд-во АН СССР. 1956.

Проблемы использования атомной энергии.— Воениздат. 1955.

Реакторостроение и теория реакторов.— Доклады советской делегации на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, Женева, 1955. Изд-во АН СССР. 1955.

Сессия Академии наук СССР по мирному использованию атомной энергии 1—5 июля 1955 г.— Заседание отделения физико-математических наук. Изд-во АН СССР. 1955.

Сессия Академии наук СССР по мирному использованию атомной энергии 1—5 июля 1955 г.— Пленарное заседание. Изд-во АН СССР. 1955.

Физические исследования.— Доклады советской делегации на Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, Женева, 1955. Изд-во АН СССР. 1955.

Фурсов В. С.— Уран-графитовые ядерные реакторы. Изд-во АН СССР. 1956.

Шпольский Э. В.— Атомная физика, т. 1—2. Гостехтеоретиздат. 1951.

Экспериментальная ядерная физика, т. 1—2.— Изд-во иностранной литературы. 1955—1956.

Экспериментальные реакторы и физика реакторов.— Доклады, представленные иностранными делегациями на Международную конференцию по мирному использованию атомной энергии, Женева, 1955. Гостехиздат. 1956.

Энергетические ядерные реакторы и использование продуктов деления.— Изд-во иностранной литературы. 1955.





★ К ЧИТАТЕЛЯМ ★

Издательство «Знание» Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний просит присылать отзывы об этой брошюре по адресу: Москва, Новая площадь, д. 3/4.

★

Автор  
Николай Андреевич Николаев

Редактор С. Е. Кипнис.  
Техн. редактор П. Г. Ислентьева.  
Корректор Л. С. Малышева.

A08020. Подписано в печ. 16/VI 1956 г. Тираж 150 000 экз. Изд. № 113.  
Бумага 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>—1 бум. л. = 2 п. л. Учетно-изд. 1,85 л. Заказ № 1434.

Ордена Ленина типография газеты «Правда» имени И. В. Сталина.  
Москва, ул. «Правды». 24

60 коп.

ВКЛАДЫ В СБЕРЕГАТЕЛЬНЫЕ КАССЫ  
СПОСОБСТВУЮТ ДАЛЬНЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ  
НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

## СБЕРЕГАТЕЛЬНЫЕ КАССЫ

**ПРИНИМАЮТ ВКЛАДЫ** до востребования, срочные, выигрышные, условные и на текущие счета;

**ВЫДАЮТ ВКЛАДЫ** по первому требованию вкладчиков;

**ПЕРЕВОДЯТ ВКЛАДЫ** из одной сберегательной кассы в другую;

**ВЫДАЮТ и ОПЛАЧИВАЮТ АККРЕДИТИВЫ;**

**ПРОДАЮТ и ПОКУПАЮТ** облигации Государственного 3% внутреннего выигрышного займа;

**ВЫПЛАЧИВАЮТ ВЫИГРЫШИ** по облигациям государственных займов.

По вкладам, внесенным в сберегательные кассы, вкладчикам выплачивается доход в виде процентов или выигрышей.

**ВНОСИТЕ ВКЛАДЫ  
В СБЕРЕГАТЕЛЬНЫЕ КАССЫ**