

ГИДРОТУРБИНЫ

А. А. Асламазян

Работа турбины при различных видах регулирующего органа

С целью повышения эффективности использования малых рек нашей республики необходимо, в первую очередь, разрешить вопрос создания гидроагрегата, пригодного для работы в условиях переменных расходов и высоких напоров.

Ни один из существующих типов турбин полностью не удовлетворяет тем условиям, которые возникают при использовании горных водотоков и, в частности, горных рек Армении.

Вопрос о требованиях, которые необходимо предъявить к малым турбинам и, в частности, к самым малым, уже освещен в предыдущей статье [1].

В послевоенный период новые конструкции малых турбин были разработаны и внедрены в Советском Союзе, в основном, Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидромашиностроения (ВИГМ). В последнее время этим институтом создана спиральная гидротурбина малой быстроходности ($n = 110$) марки Ф-13-ГМ 35 с однолопаточным регулированием—поворотным носиком спирали, предназначенная для горных районов.

Гидро-электрическая лаборатория Водно-энергетического института АН Армянской ССР, также работая над этой проблемой, провела ряд испытаний, изучая упрощенный тип пропеллерной турбины с прямым автоматическим регулированием, стремясь найти пути улучшения характеристик турбины и повышения её *кпд*. В одном из таких исследований было проведено сопоставление работы колеса при двух различных способах регулирования: 1) с помощью обычного направляющего аппарата с поворотными лопатками и 2) посредством опускающегося конуса, при возможности прямого автоматического регулирования.

Эксперименты показали, что направляющий аппарат с поворотными лопатками увеличивает *кпд* турбины (колесо К-245, $\varphi = 0^\circ$ и $\varphi = +10^\circ$) на 7—10%* по сравнению с тем же колесом турбины, регулируемой конусом.

Ниже изложены результаты этих экспериментов.

* Согласно подсчетам по теории ошибок точность экспериментов лежит в пределах 2,3%.

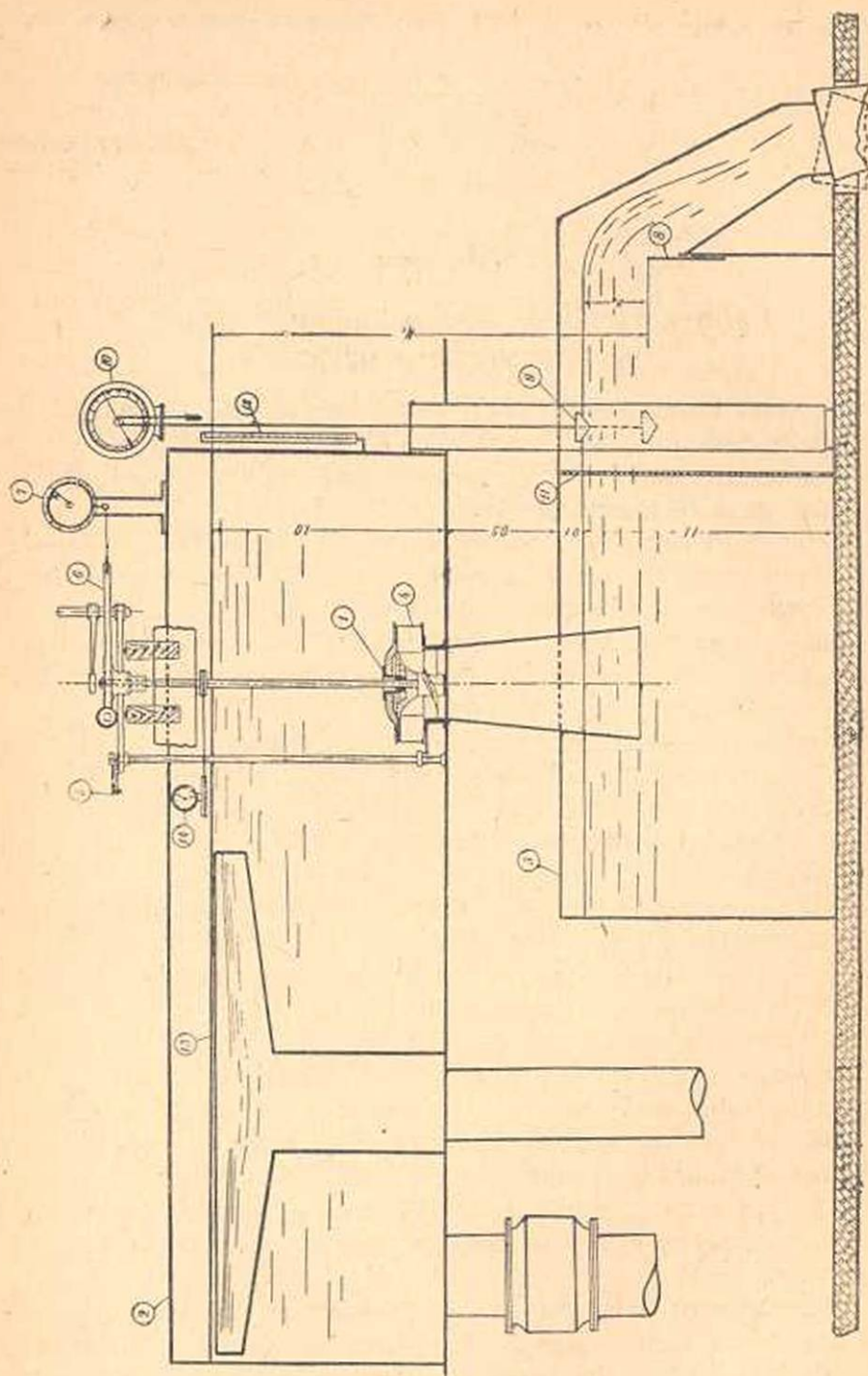


Рис. 1. Схема испытательной установки.

Результаты испытания колес К-245

Испытание рабочего колеса К-245 с направляющим аппаратом, с поворотными лопатками (рис. 1 и 2), производилось при углах установки лопастей рабочих колес $\varphi = +10^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$ на модели турбины с вертикальным валом (рис. 1).

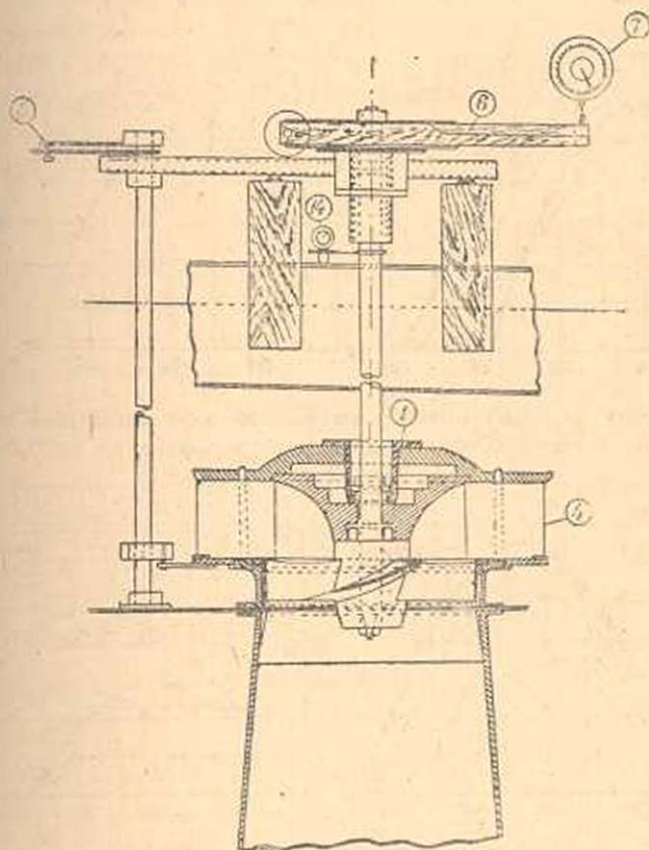


Рис. 2. Схема испытываемой турбины.

Пропеллерная турбина (1) в этой установке расположена между двумя резервуарами (2—3), в которых создаются соответственно верхний и нижний бьефы. Подвод воды к турбине осуществлялся направляющим аппаратом с поворотными лопатками (4), (рис. 1—2). Регулирование ручное (5). Для определения момента использован колодочный тормоз (6); измерение нагрузки производилось динамометром (7). Прямоугольный водослив (8), (рис. 1) служил для определения расхода. Измерение толщины переливающегося слоя над водосливом производилось поплавком (9) с помощью шкалы (10) и дополнительно проверялось тастером. Для успокоения потока до водослива в нижнем баке установлена решетка (11). Напор определялся с помощью пьезометра (12), шкала которого связана с гребнем водослива (8). Для сохранения постоянства напора в верхнем баке уста-

новлены водосливы (13), которые поддерживают постоянство напора с точностью 5—6%. Вследствие того, что в процессе исследований имело место колебание напора в этих пределах, а также для возможности сопоставления результатов испытаний на двух установках, имевших разные напоры, результаты испытаний приведены к одному метру напора.

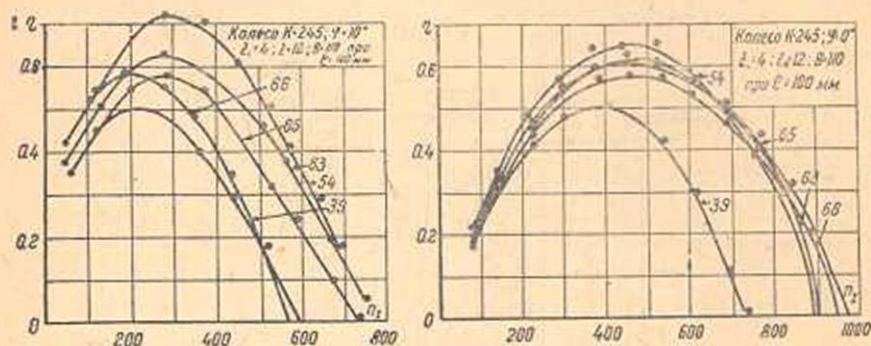


Рис. 3а. Кривая зависимости между η и числом оборотов турбины при регулировании направляющим аппаратом с поворотными лопатками.

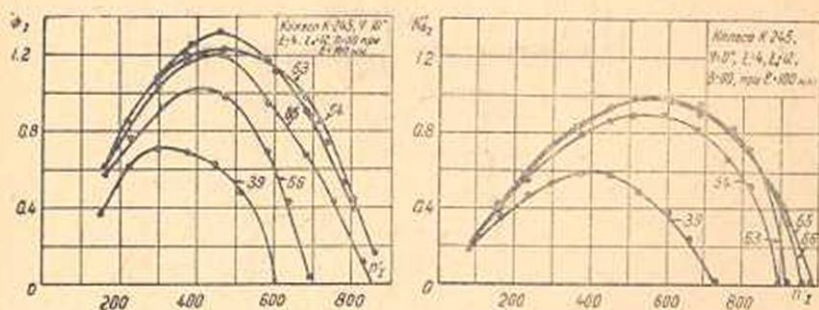


Рис. 3б. Кривая зависимости между мощностью и числом оборотов турбины при регулировании направляющим аппаратом с поворотными лопатками.

Число оборотов турбины определялось стационарным тахометром (14), соединенным с валом турбины ременной передачей с передаточным числом, равным 1,89. Для контроля применялся тарированный нестационарный тахометр. Величины действительной и теоретической мощностей, а также коэффициента полезного действия подсчитывались по общеизвестным формулам.

С целью определения влияния направляющего аппарата на работу колеса и последующего сравнения с другим видом регулирования, были проведены две серии испытаний колес К-245 в установке с направляющим аппаратом с поворотными лопатками (4), (рис. 2), при разных углах установки лопастей рабочих колёс $\phi = +10^\circ$ и $\phi = 0^\circ$.

На рис. 3а и 3б представлены графики изменения η и мощности в зависимости от приведенного числа оборотов турбины. Следует обратить внимание на то обстоятельство, что испытание колеса произведено и при открытиях направляющего аппарата, выходящих за пределы допускаемого полного открытия (63); поэтому для таких открытий (65 и 66) величины открытий мало отличались друг от друга, но при резком расхождении в углах, образованных между касательной к окружности рабочего колеса и осью между лопатками направляющего аппарата.

Как видно из рис. 3а и 3б, этот фактор особенно сказывается на результатах испытания колеса К-245, $\varphi = +10^\circ$, предназначенного для больших расходов, и имеет малое влияние на колесо К-245,

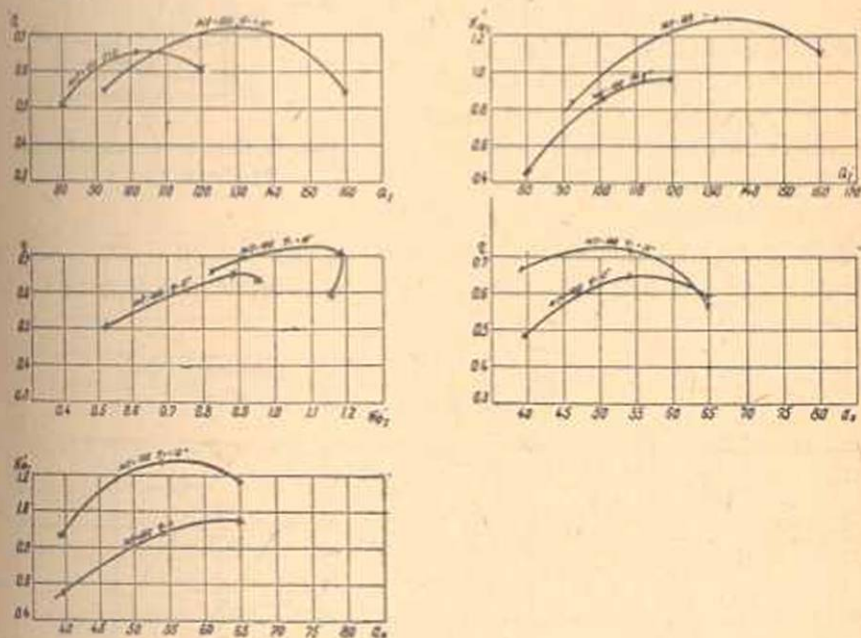


Рис. 4. Рабочие характеристики турбины при регулировании направляющим аппаратом с поворотными лопатками.

$\varphi = 0^\circ$, предназначенное для малых расходов. Максимальный η колеса К-245, при угле установки лопастей $\varphi = +10^\circ$, достигает значения $\eta = 0,72$ при открытии $a_0 = 54$ мм (которое соответствует 85% площади открытия) и при числе оборотов $n'_1 = 380$ об/мин. При этом максимальная мощность была равна $N_{\Phi 1} = 1,26$ л. с. (рис. 3б). Кривые имеют пологий вид и не меняются по форме при всех открытиях. Колесо К-245 при угле установки $\varphi = 0^\circ$, на тех же режимах, пропускает в 1,5 раза меньший расход; максимальный η при этом достигает $\eta = 0,66$ при $n'_1 = 480$ об/мин. Соответственно мак-

симальная мощность имела значение $N\phi_1 = 1,0$ л.с. Вследствие малого расхождения в величинах скоростей потока при разных открытиях, характеристики этого колеса получаются более пологими. Почти все кривые ложатся в зоне высоких η . На рис. 4 представлены рабочие характеристики колеса при $\varphi=0^\circ$ и $\varphi=+10^\circ$. Они построены для оптимальных чисел оборотов, при которых достигается максимальный η . Из кривых $\eta=f(a_0)$ видно, что у колеса К-245 при $\varphi=+10^\circ$ зона высоких η начинается уже при малых открытиях. Аналогичная характеристика колеса К-245 при $\varphi=0^\circ$ расположена ниже предыдущей. От максимальной точки вправо кривая η колеса с $\varphi=0^\circ$ — пологая и до полного открытия имеет относительно высокий η , находящийся в пределах между 0,66 и 0,605. Графики $\eta=f(Q_1)$ и $\eta=f(N'\phi_1)$ показывают, что характеристика колеса К-245

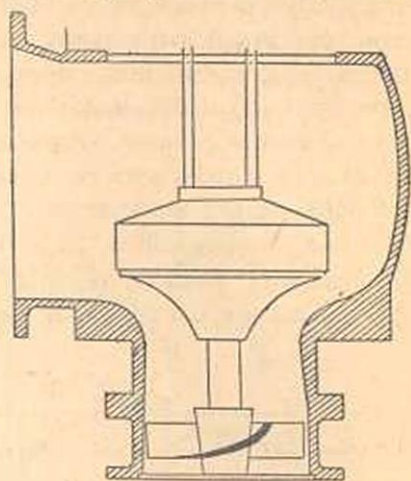


Рис. 5. Схема регулирования турбины конусом.

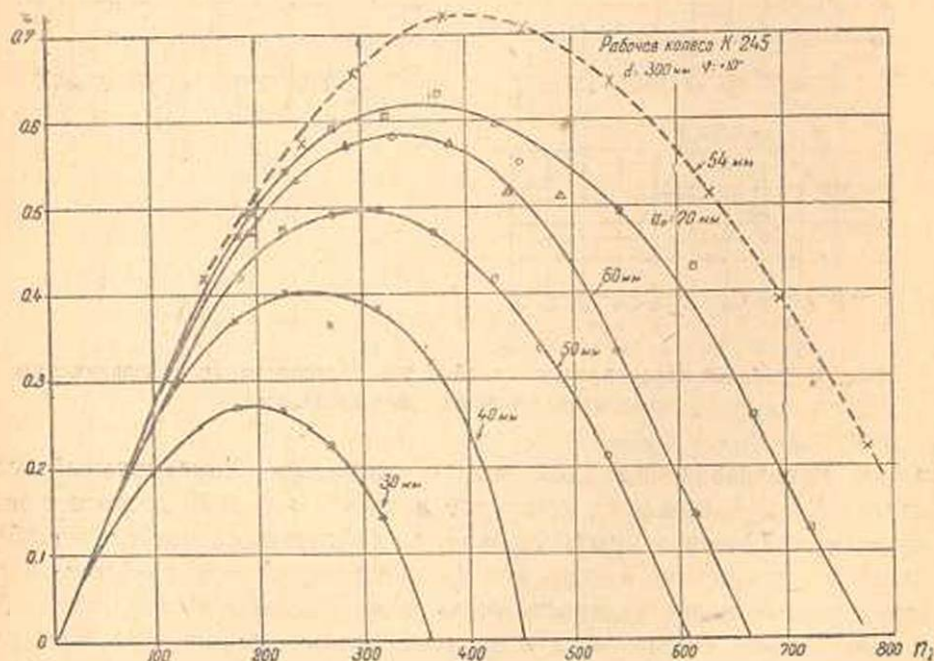


Рис. 6а. Кривые зависимости η и число оборотов турбин при регулировании конусом.

при $\varphi=0^\circ$ сдвинута влево и ложится опять ниже кривой для колеса с $\varphi=+10^\circ$. Это объясняется тем, что колесо К-245 с углом установки лопастей $\varphi=0^\circ$ предназначено для пропуска малых расходов.

Параллельно с изложенными исследованиями были проведены испытания тех же колес при их работе в агрегате микрогэс [2].

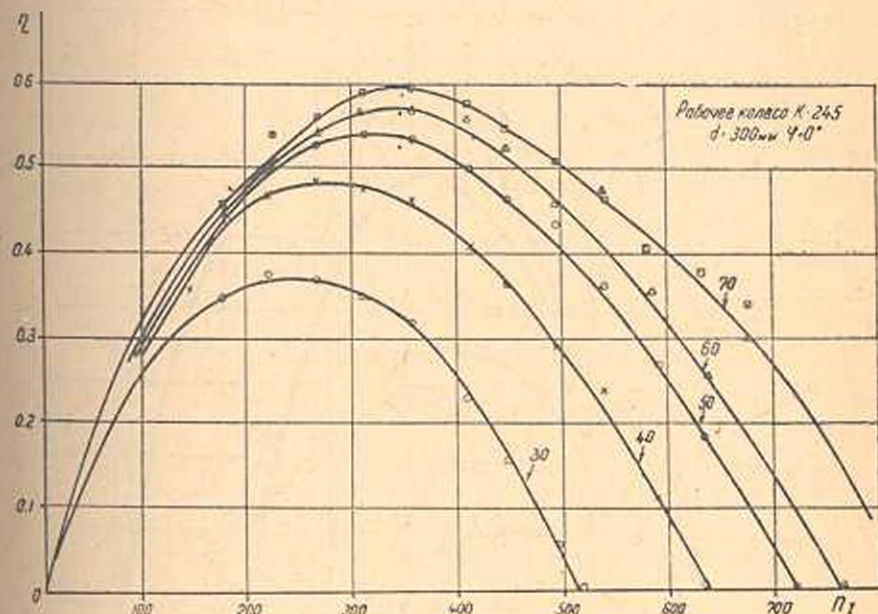


Рис. 6.6. Кривые зависимости η и n от расхода воды при регулировании конусом.

В этом случае подвод воды осуществлялся через канал, образованный конусом (рис. 5), и корпусом турбины. Регулирование количества поступающей воды осуществлялось перемещением конуса, получающего импульс от регулятора прямого действия. Режимы устанавливались путем перемещения конуса.

На рис. 6а и 6б дана зависимость η от числа оборотов турбины $\eta=f(n')$. Как видно из графика, при регулировании конусом максимальный η колеса К-245 при угле установки лопастей $\varphi=+10^\circ$ достигает значения всего лишь $\eta=0,62$, при максимальной $N\phi_1=1,2$ л.с. (рис. 7а), а при $\varphi=0^\circ$ η так же, как и в первом случае имеет меньшее значение $\eta=0,59$ и максимальная мощность получается $N'\phi_1=0,8$ л.с. (рис. 7б).

Следует отметить, что η при регулировании конусом достигает наибольшего значения при полном открытии, в то время как в случае регулирования направляющим аппаратом с поворотными лопатками наибольшее значение η получается при открытии 85% .

На рис. 8а и 8б даны рабочие характеристики колес К-245 ($\varphi=0^\circ$) и К-245 ($\varphi=+10^\circ$) при регулировании конусом.

При начальных открытиях кривые η имеют малое значение и наибольшего значения достигают лишь при максимальных откры-

тиях. На установке с направляющим аппаратом, имеющим поворотные лопатки для случая колеса К—245 ($\psi = +10^\circ$), (рис. 4), уже при начальных открытиях получаются высокие значения $\eta_{\text{плд}}$, и характеристика при всех остальных открытиях располагается в зоне высоких $\eta_{\text{плд}}$.

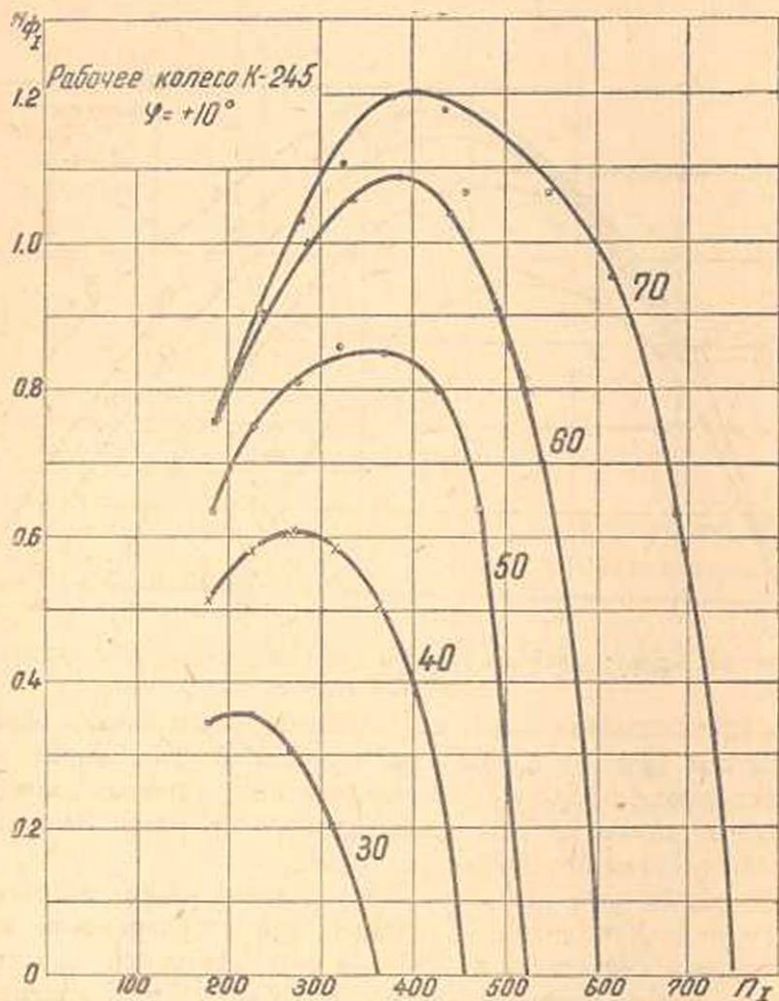


Рис. 7 а. Кривые зависимости между мощностью и числом оборотов турбины при регулировании конусом.

Выводы

Сравнение результатов исследований одного и того же колеса, испытанного при различных регулирующих органах, подтвердило известное преимущество направляющего аппарата с поворотными лопатками по сравнению с регулирующим конусом. Сопоставление кривых $\eta = f(p'_1)$, (рис. 3 и 6), полученных при указанных двух способах регулирования, приводит к следующим результатам:

Вид регулирования	η макс.		N' ϕ в л. с.	
	$\varphi = +10^\circ$	$\varphi = 0^\circ$	$\varphi = +10^\circ$	$\varphi = 0^\circ$
I. Регулирование направляющим аппаратом с поворотными лопатками	0,72	0,66	1,26	1,0
II. Регулирование конусом	0,62	0,59	1,2	0,8

В первом случае, почти при одних и тех же значениях $N' \phi_1$, $k\eta$ колеса К-245 при $\varphi = +10^\circ$ оказывается на 10% выше, чем во втором случае. $k\eta$ колеса К-245 при $\varphi = 0^\circ$ в первом случае выше на 7%. Такое различие в значениях $k\eta$ объясняется наличием соот-

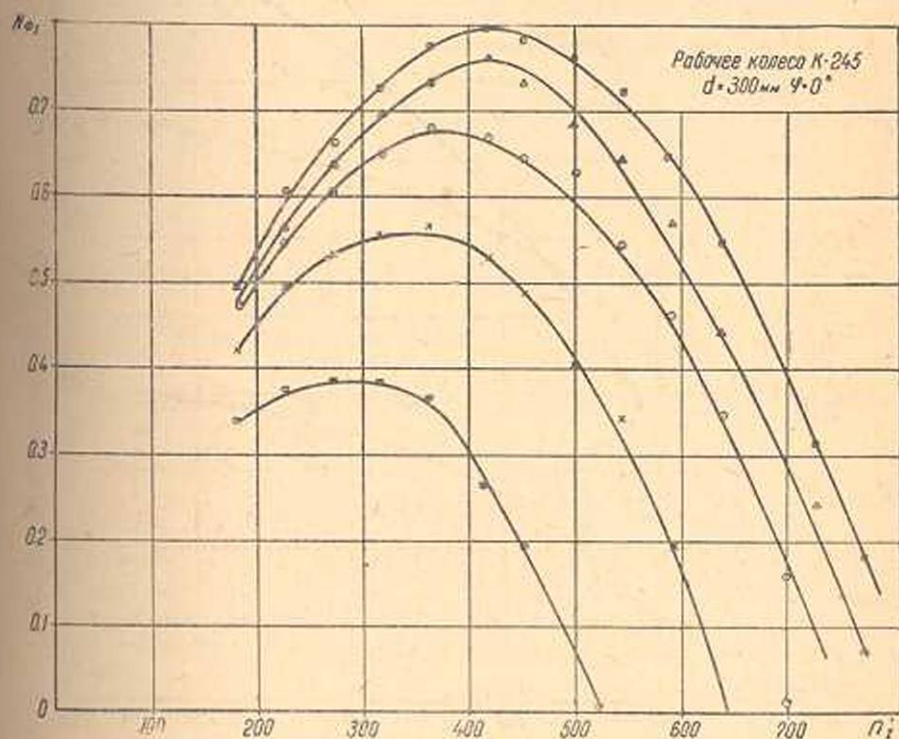


Рис. 7.6. Кривые зависимости между мощностью и числом оборотов турбины при регулировании конусом.

ветствующей циркуляции, создаваемой направляющим аппаратом с поворотными лопатками, что положительно сказывается на работе колеса. Становится ясным, что отрицательное влияние регулирующего конуса при существующей его конструкции особенно сильно чувствуется при работе колеса, предназначенного для больших расходов ($\varphi = +10^\circ$), как это видно из таблицы и рис. 6 а, где кривая $k\eta$ данного колеса при регулировании направляющим аппаратом с

поворотными лопатками, изображенная пунктирно, сопоставляется с кривой $\kappa\eta\delta$ данного колеса, регулируемого направляющим конусом.

Приведенное сопоставление влияния регулирующего конуса на работу колеса микрогэс, по сравнению с работой такого же колеса при обычном поворотном направляющем аппарате, показывает, как и следовало ожидать, лучшую работу при обычном направляющем аппарате. Но обычный направляющий аппарат требует применения непрямого регулирования, тогда как регулирующий конус допускает и применяется при прямом, очень простом и эффективном регулировании. Поэтому необходима работа над улучшением циркуляции

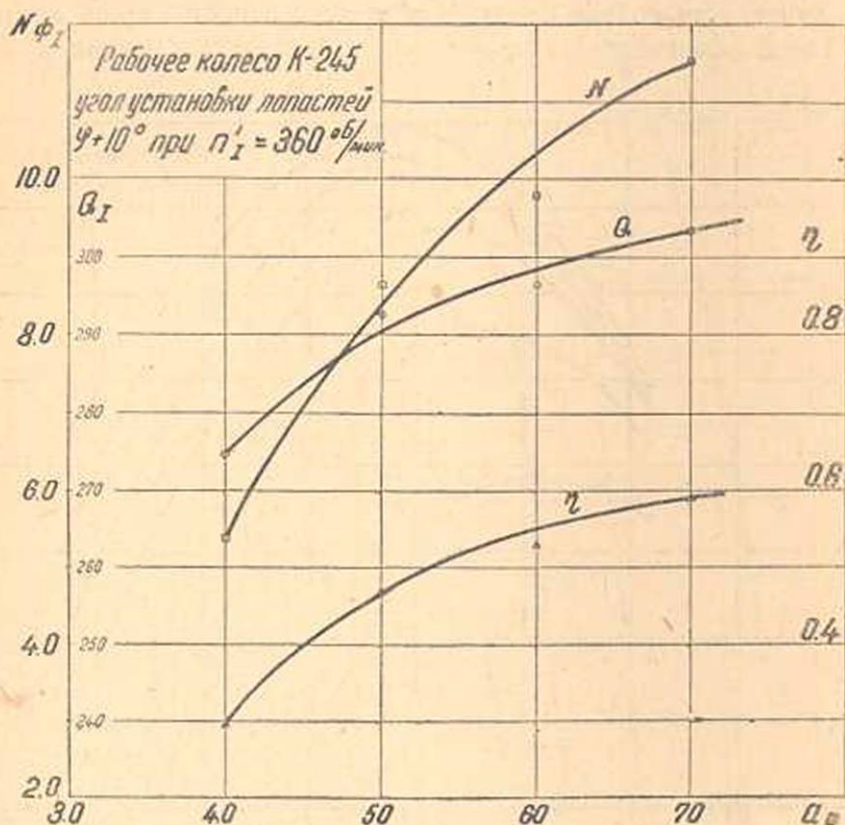


Рис. 8 а. Рабочие характеристики турбин при регулировании конусом.

при наличии регулирующего конуса, а следовательно, над улучшением спирали кожуха турбины микрогэс, улучшением условий обтекания конуса, а также подъемом колеса ближе к конусу. Последнему вопросу посвящено специальное небольшое исследование.

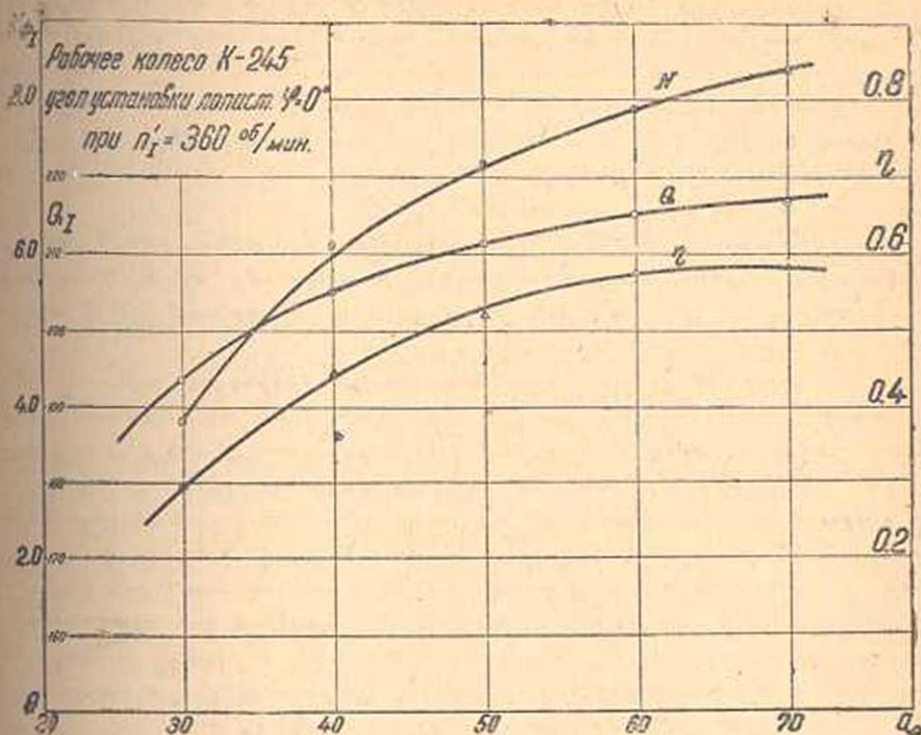


Рис. 8.6. Рабочие характеристики турбин при регулировании конусом.

Гидро-электрическая лаборатория
Водно-энергетического института
Академии наук Армянской ССР

Поступило 23 XI 1950

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Л. Бунятян—Опыт эксплуатации микрогэс в Армении. Изв. АН Арм. ССР (Физ-мат., естеств. и тех. науки), IV, № 1, 1951.
2. Б. Л. Бунятян—Испытание турбины микрогэс Ереванского машиностроительного завода. Изв. АН Арм. ССР (Физ-мат., естеств. и тех. науки), IV № 1, 23, 1951.

Հ. Ա. Ասլամազյան

ՏՈՒՐԲԻՆԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԸ ՏԱՐԲԵՐ ԿԱՆՈՆԱՎՈՐՈՂ ՕՐԳԱՆՆԵՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Աշխատանքում շարադրված են պտտվող թիակային ուղղիչ ապարատի և կանոնավորող կոնի միջոցով տուրբինի աշխատանքի կանոնավորումը պարզելու համար կատարված տուրբինի К-245 տիպի աշխատող անիվի փորձարկման արդյունքները:

Փորձերը ցույց են տվել, որ պտտվող թիակային ուղղիչ ապարատի միջոցով տուրբինի կանոնավորման դեպքում օգտակար գործողություն գործակիցը, համեմատած կոնով կանոնավորելու հետ, $7-10\%$ բարձր է: Այդ բացատրվում է նրանով, որ պտտվող թիակային ուղղիչ ապարատն աշխատող անիվի մուտքի մոտ ստեղծում է այն անհրաժեշտ հիդրավիկական պայմանները (գլխավորապես ցիրկուլյացիան), որ պահանջում են առհասարակ այդ տիպի աշխատող անիվները:

Համեմատելով փորձերի արդյունքներն աշխատող անիվի թիակի տեղակայման երկու տարբեր անկյունների դեպքում, այն է՝ $\varphi = +10$ և $\varphi = 0$, պարզվում է, որ անկյան փոքրացումով փոքրանում է նաև տուրբինի օգտակար գործողության գործակիցը:

Այս աշխատանքները ցույց են տալիս, որ միկրոգէսն ավելի բարձր օգտակար գործողության գործակից կունենար, եթե կանոնավորող կոնը փոխարինվեր պտտվող թիակային ուղղիչ ապարատով: Քանի որ այդ գործնականում կիրառելի չէ, անհրաժեշտ է, որ փոքր տուրբինները, առավելապես միկրոգէսը, կանոնավորվեն ուղղակի ավտոմատ կանոնավորիչով: Հետևաբար անհրաժեշտ է միկրոգէսում մտցնել որոշ կոնստրուկտիվ փոփոխություններ, այն է՝ աշխատող անիվին մոտեցող հոսանքին տալ համապատասխան ուղղություն և արագություն, արպեսզի ստացվի պահանջվելիք ցիրկուլյացիան: Այդ կպահանջի բարելավել տուրբինի սպիրալային կամերան և աշխատող անիվը բարձրացնել՝ կոնին մոտեցնելու նպատակով:

Այս հարցի մշակումը ներկայումս շարունակվում է: