

ГИДРАВЛИКА

Г. А. Амбарцумян

Структура потока на боковом водосливе

Все до сих пор произведенные экспериментальные исследования боковых водосливов были посвящены только установлению вида свободной поверхности воды на участке бокового водослива. При этом оказалось, что свободная поверхность на участке бокового водослива получается или в виде кривой подпора, или кривой спада, а иногда, при особых условиях сопряжения, в виде прыжка.

Аналогичные результаты получаются и при анализе уравнения свободной поверхности, получаемого или с применением уравнения количества движения, или закона живых сил для упрощенной схемы питания водослива.

В предыдущих работах структура потока у бокового водослива не была исследована.

Однако, при делении потока возникает очень сложная картина взаимодействия различных частей потока.

Правильное решение вопроса о структуре потока было сильно задержано ненаучными утверждениями немецкой школы гидравликов (Шоклич, Буле, Форхгеймер, Де-Марки и других), которые ввиду поверхностного изучения данного вопроса, неправильно освещали как роль высоты водосливной стенки, величины угла отвода, так и постоянство удельной энергии на участке бокового водослива*.

Проведенные автором, под руководством проф. И. В. Егизарова, сопоставления результатов предыдущих теоретических исследований показали, что эти последние по существу являются идентичными. Различные на первый взгляд уравнения свободной поверхности, фактически являются частными случаями одного общего уравнения, полученного доктором тех. наук Г. А. Петровым (неопубликованная докторская диссертация) и, независимо от него, автором этой статьи, и имеющего следующий вид:

* Относительно постоянства удельной энергии потока по длине бокового водослива нужно отметить, что на основании экспериментов в ГЭЛ можно утверждать, что изменение удельной энергии по длине бокового водослива происходит в пределах до 36%, причем главным фактором, вызывающим изменение энергии, является интенсивность, с которой происходит отвод воды через боковой водослив.

Только при малых интенсивностях этого отбора можно условно допустить сохранение постоянства энергии.

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - i_f - \left(2 - \frac{V_x}{V}\right) \frac{z_0 Q}{g\omega^3} \frac{dQ}{ds} + \frac{z_0 Q^2}{g\omega^2} \frac{\partial \omega}{\partial s} + \frac{h^2}{\omega} \sin \alpha^*}{1 - \frac{z_0 Q^2}{g\omega^2}}$$

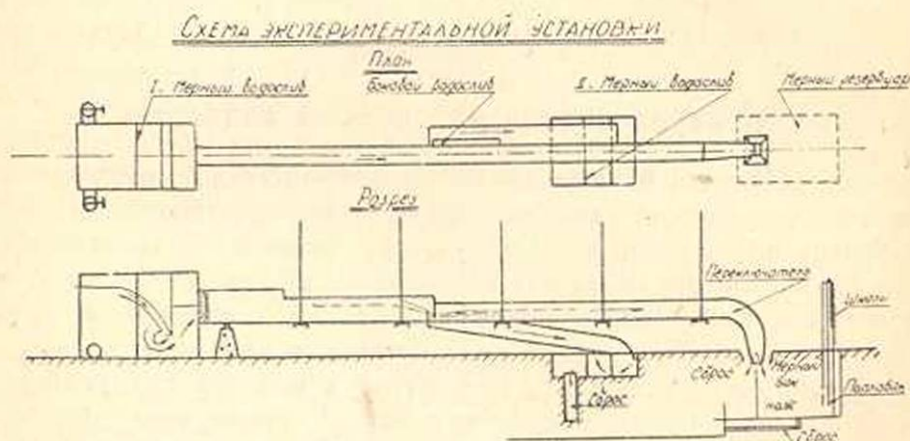


Рис. 1. План и разрез экспериментального лотка.

Все вышесказанное заставило поставить экспериментальное исследование структуры потока и механизма питания водослива и на основании такого изучения дать обоснованную опытами схему этого питания.

Для установления реальной схемы работы бокового водослива были поставлены специальные эксперименты в Гидроэлектрической Лаборатории (ГЭЛ) Водно-Энергетического Института Академии Наук Армянской ССР.

В проведении экспериментов, помимо автора, приняла участие также сотрудница Института У. Арутюнян.

Эксперименты проводились в большом стеклянном лотке длиной 15,0 м при двух ширинах лотка 50 и 40 см, и различных длинах гребня бокового водослива, равных 197,5; 152,5; 125,0; 77,5 и 30 см.

Высота водосливной стенки „Р“ бралась равной 10,0, 18,0 и 20 см, а уклоны лотка и гребня i водослива совпадали и равнялись 0; 0,0005; 0,001; 0,005 и 0,008, причем последние два уклона больше критического.

Расход в начале лотка менялся от 125 л/сек до 98 л/сек, причем через боковой водослив сбрасывался расход от 10 до 83 л/сек.

Измерения скорости и давления производились шаровым зондом и трубкой Пито-Ребока, снабженной поворотным наконечником, с помощью которого определялись все три проекции скорости.

* α — может быть до 7° .

Направление донных скоростей и границы отдельных поверхностей фиксировались с помощью шелковых нитей.

При экспериментировании в лотке искусственно создавался равномерный режим после бокового водослива с помощью щита.

На основании целого ряда подготовительных экспериментов окончательно была принята следующая схема экспериментирования.

В головном баке, по пьезометру и тастеру устанавливался переливающийся слой необходимой высоты, обеспечивающий расход Q_1 . Переливающийся через боковой водослив расход Q_6 измерялся с помощью II-мерного водослива, установленного в нижнем баке. Оставшийся расход в лотке за водосливом Q_2 измерялся с помощью протарированного мерного бака. Результаты измерений проверялись выражением

$$Q_1 = Q_2 + Q_6$$

Горизонты воды измерялись тастерами. По ширине лотка бралось 8, а по длине—120 точек на 15 поперечниках. Расстояние между точками и поперечниками выбиралось в соответствии с видом свободной поверхности. Единичный расход воды в различных точках гребня водослива измерялся с помощью желобка шириной 5 см, мерного протарированного бака и секундомера. Результаты измерений проверялись по формуле

$$Q_6 = \sum_{i=1}^n \Delta q$$

Направления поверхностных и донных скоростей измерялись с помощью нити и транспорта. Линии поверхностных и донных токов фотографировались. Всего было произведено 22 эксперимента при угле меньше критического и 4 эксперимента при угле больше критического.

На основании произведенных исследований, в результате изучения поля скоростей и давлений, установлена следующая схема питания бокового водослива (рис. 3).

Поток, движущийся по каналу, при подходе к прорезу в боковой стенке меняет свое направление и часть расхода сливается в сторону, переливаясь через низко расположенный гребень водослива. При этом на участке водослива возникает на поверхности потока линия 1—2 раздела, ограничивающая два потока: движущийся вдоль канала и сливающийся вбок. Возникающие поверхности раздела внутри потока сильно пульсируют и в основном имеют волнистую форму. Раздельная поверхность БВ распространяется в толще потока и имеет в поперечных вертикальных сечениях криволинейное очертание, переходящее в волнистую прямую ВГ, не достигающую до водосливной стенки и расположенную несколько ниже гребня водослива. Вниз по течению граница Г углубляется, достигая максимума погружения у конца водослива. У дна потока также возникает

линия раздела, которая охватывает большую часть ширины потока, чем поверхностная линия раздела.

Донная зона возникает в начале бокового водослива, где она имеет нулевую толщину и достигает максимума в конце водослива. Эта донная зона имеет минимальную толщину у глухой стенки лотка и максимальную—у водосливной стенки.

СХЕМА ПИТАНИЯ

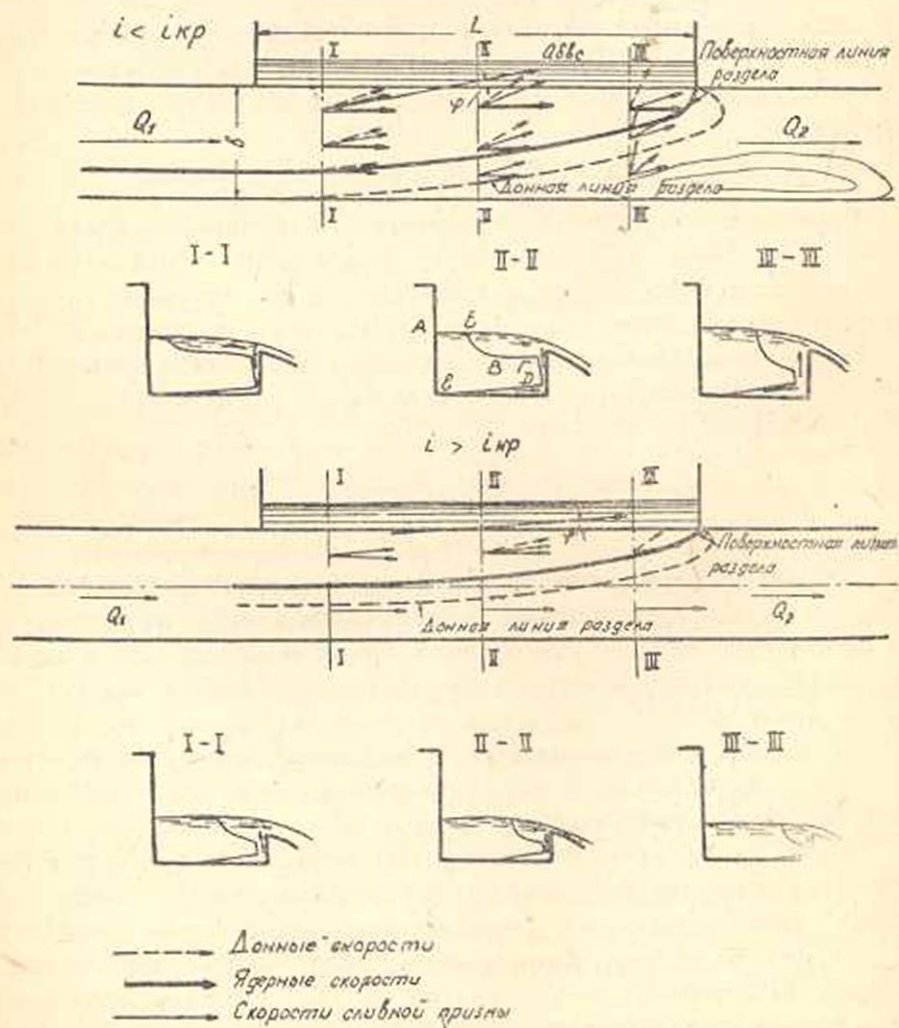


Рис. 2. Схема питания бокового водослива.

В придонном слое потока у начала бокового водослива направление скоростей составляет с осью потока угол в 5° — 6° . По мере удаления от начала водослива этот угол возрастает и в конце водослива достигает 180° .

Донный слой, дойдя до водосливной стенки, поднимается по ней и сливается у точки Г со сливной призмой.

Указанный донный слой возникает по двум причинам; первое — в силу наличия большого поперечного уклона свободной поверхности, что вызывает разность давлений у глухой и водосливной стенок, и второе — в силу возможности возникновения явления эжекционного эффекта на месте встречи токов донного и сливной призмы.

Таким образом, поток на участке бокового водослива при уклонах меньше критического разделяется на три основные зоны:

А. Верхнюю (сливную) зону, т. е. ту часть потока, которая сильно меняет свое направление и сбрасывается через водослив.

Б. Ядро потока, которое имеет скорости, почти параллельные оси лотка с отклонениями (до 6°), и не участвует в питании бокового водослива.

В. Донную (периферийную) зону, которая образовавшись на дне лотка, почти по всей длине бокового водослива, составляя угол с осью лотка от 5° до 180° по длине водослива, поднимается по водосливной стенке и, соединившись у гребня водослива со сливной призмой, сбрасывается через гребень водослива.

Все вышесказанное одинаково относится как к случаю для уклона лотка меньше критического, так и к случаю для уклона больше критического; только в последнем случае отдельные зоны не так резко выражены и в схеме по структуре потока появляется IV зона „транзитная“, где скорости потока никаким изменениям не подвергаются в связи с боковым отводом воды и никакого участия не принимают в питании бокового водослива.

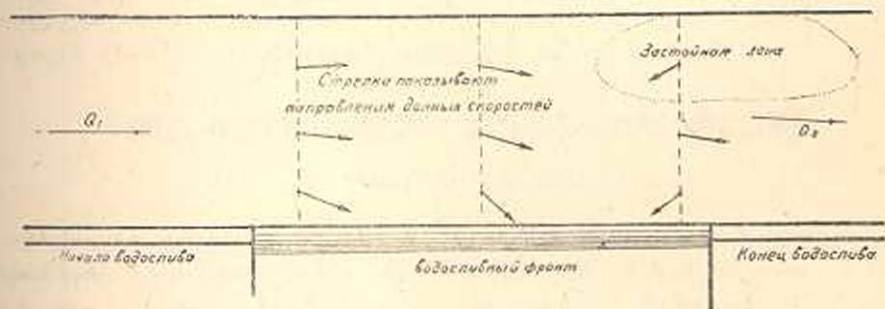


Рис. 3. Фото плана данных скоростей

Установленная схема питания бокового водослива указывает на наличие отдельных поверхностей внутри потока, которые являются дополнительными источниками потери энергии в связи с большими градиентами скорости на этих поверхностях. Помимо этого остаются в силе все прочие виды потерь энергии, как-то: потери на расширение потока, на трение и т. д.

Кроме описанной структуры потока экспериментально установлено, что:

1. При переливе воды через гребень водослива поверхностные скорости составляют почти постоянный угол с гребнем водослива, который изменяется в пределах от 20° до 24° при уклонах лотка меньше критического и от 6° до 9° при уклонах больше критического.

2. При переливе воды через гребень водослива сохраняется почти постоянным удельный расход водослива, но с некоторой тенденцией к увеличению в конце водослива при уклонах меньше критического и к уменьшению при уклонах больше критического.

3. Головной и конечный участки водослива не подчиняются установленным выше закономерностям:

При уклонах меньше критического в начале, на длине 10—20 см, получается нерабочий участок гребня водослива, а на конечном участке—участок с повышенным удельным расходом. Противоположные режимы на этих участках получаются в случае уклонов больше критического.

4. При уклонах лотка меньше критического, большие скорости находятся у гребня водослива, а меньшие у глухой стенки.

При уклонах больше критического получается обратное распределение скоростей, т. е. большие скорости у глухой стенки, меньшие— у водосливной.

Гидро-Электрическая Лаборатория
Водво-Энергетического Института
Академии Наук Армянской ССР.

Գ. Ա. Համբարձումյան

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՍՏՐՈՒԿՏՈՒՐԱՆ ԿՈՂԱՅԻՆ ՋՐԹԱՓԻ ՎՐԱ

Ա. Մ. Փ. Ո. Փ. Ո. Մ.

Հոգվածում շարադրված է Ջրաէներգետիկ Ինստիտուտի հիդրոէլեկտրիկ լաբորատորիայում Ի. Վ. Եղիազարովի ղեկավարությամբ հեղինակի կատարած փորձարկման և տեսական աշխատանքների մի մասը, որը վերաբերում է հոսանքի կազմության և կողային ջրթափի սնման սխեմայի ուսումնասիրությանը:

Յույց է տրված, որ առվի մեջ հեղինակի առաջարկած ազատ մակերևութի հավասարումը կողային ջրթափի մոտ ունի հետևյալ, ավելի ընդհանուր տեսքը:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - i - \left(2 - \frac{V_x}{V}\right) \frac{\alpha_0 Q}{g\omega^2} \frac{dQ}{ds} + \frac{\alpha_0 Q^2}{g\omega^3} \frac{\partial \omega}{\partial s} + \frac{h^2}{\omega} \sin \alpha}{1 - \frac{\alpha_0 Q^2}{g\omega^3}}$$

Նշված է, որ հավասարումը դուրս բերելիս մոտեցման հիմնական թերությունն այն է, որ չի ելած կողային ջրթափի շրջանում եղած հոսանքի կաղմությունից: Ցույց է տրված սնման սխեմայի մեջ փոփոխություններ մտցնելու անհրաժեշտությունը:

Բաղմամբիվ և ուշի ուշով կատարված փորձերի հիման վրա տրված է ջրթափի սնման նոր և ավելի ճիշտ սխեմա: Այդ սխեմայով կողքային ջրթափի մասում հոսանքը բաժանվում է երեք զոնայի.

ա) մակերևութային զոնա, այսինքն մակերևութային հոսանքի այն մասը, որը կողքային պատի ավելի ցածր զիբքի դեպքում անջատվում է հիմնական հոսանքից և թափվում է ջրթափի վրայով:

Հոսանքի բաժանման AB գծի հավասարումը որոշվում է Միլովիչի մեթոդով:

Առևի լայնքով պատից դեպի ջրթափն ազատ մակերևութը մեծ թեքում ունի:

բ) Հոսանքի կորիզի զոնա՝ հոսանքի այն մասը, որը գտնվելով մակերևութային զոնայի տակ, չի մասնակցում ջրթափի սնմանը և նույնիսկ կողքային ջրթափի առկայության դեպքում չի փոխում իր շարժման ուղղությունը (աբազություն ուղղությունը ջրթափի պատի հետ կազմում է 60° -ից ոչ մեծ անկյուն):

գ) հատակային զոնա, որն առաջանում է հատակի վրա եղած ճնշման տարբերության հետևանքով, առաջանալով ազատ մակերևութի լայնական թեքության և պատի բարձրության տարբեր ճնշման առկայությամբ:

Հատակային հոսանքի առաջացումն ավելի է մեծանում էժեկցիայի ազդեցության շնորհիվ, որն առաջանում է վերընթաց հոսանքների հանդիպակաց շարժումով և ջրթափից թափվող հոսանքներով:

Հոգվածում նշվում է, որ այդ զոնաները սահմանազծող մակերևութները ենթակա են պուլսացիայի և ունեն ավերակային ձև: Այդ մակերևութների վրա եղած արագությունների մեծ գրադիենտների շնորհիվ առաջ է գալիս էներգիայի զգալի կորուստ: