

А.Д. Шинибаев, Б.Е. Абилкасимов
(КазНТУ имени К.И. Сатпаева)

АНАЛИЗ РАБОТ ПО ВЛИЯНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА НА ЯВЛЕНИЕ РАЗМЫВА РУСЛА НА ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Проведенные исследования посвященные влиянию конструктивных особенностей сооружений и условий их эксплуатации на формы сопряжения потоков, а вместе с тем и на очертание и размеры воронок размыва, далеко еще не завершены. Рассмотренные наиболее общие условия работы водорегулирующих сооружений, оказывающие влияние на процессы размыва, при которых возникает опасность повреждения крепления дна и боковых откосов русла, а также дамб канала за креплением, представляют собой приближенную качественную оценку явления размыва по внешним признакам.

Попытка количественной оценки деформаций русел приводит к необходимости изучения целого ряда вопросов, касающихся кинематических характеристик потока и их влияния на подвижку, взмучивание и транспортирование частиц грунта. Следует отметить, что всестороннее исследование взаимодействия комплекса «поток – русло» является первой необходимостью при решении многих задач, например, касающихся общих размывов русел, заилиenia каналов и водохранилищ, формирования очертания русел на участках изгибов, гидротранспорта и т.д.

При рассмотрении деформаций русел под воздействием равномерного турбулентного потока равновесие частиц грунта иногда характеризуют соотношением так называемой «влекущей силы», действующей на поверхность русла и подобной величины, вызывающей «трогание», подвижку частиц.

Если касательные напряжения сдвига, соответствующие началу подвижки частиц, обозначить через τ_c , то отношение τ_0/τ_c представляет собой критерий устойчивости частиц грунта, который иногда называют также коэффициентом влекущей силы [2].

Равенство (1) является основным уравнением известной теории влечения [2]. Как видно, в эту зависимость, связывающую влекущую силу с параметрами потока (глубина и гидравлический уклон), не входят характеристики грунтов, т.е. диаметр частиц и величины, учитывающие гранулометрический состав и способ укладки частиц, связность и т.д., что обуславливает необходимость экспериментальной оценки устойчивости русла при использовании указанного критерия. Анализ устойчивости частицы, находящейся на боковом откосе, при воздействии на нее силы тяжести и влекущей силы, был впервые дан еще Форхгеймером. Впоследствии теория влечения была дополнена положениями современной теории турбулентности.

В работе В.М.Летхера [3] отмечено, что в равномерном турбулентном потоке «...все статистические одноточечные характеристики турбулентности (включая параметры пульсации давления) в пристенном слое могут быть выражены через динамическую скорость V_* и толщину этого слоя (или высоту выступа шероховатостью)», и поэтому отношение τ_0/τ_c является вполне приемлемым критерием начала подвижки частиц, в тех случаях, когда они обтекаются потенциальным потоком без водоворотов, что характеризуется известным соотношением, предложенным Уайтом:

$$\frac{V_* * d}{\nu} < 3,5 \quad (1)$$

где левая часть неравенства представляет собой критерий Рейнольдса, отнесенный к частице грунта и динамической скорости.

Устойчивость частиц на дне русла Б.А.Фидманом было предложено оценивать отношением $\tau_0/[\gamma_4 * d (1 - \gamma/\gamma_4)]$. Предельное значение этого критерия, соответствующее началу размыва, зависит от формы частиц и способа их укладки.

Возможность использования приведенных выше критериев и для случаев местных размывов вызывает сомнение исследователей. Дело в том, что при рассмотрении местных деформаций русла неравномерным потоком за гидросооружениями нужно учитывать, что основным источником турбулентных возмущений в этих случаях являются не сами частицы грунта или шероховатость поверхности, а местные явления, порождаемые эпюрами скоростей в плане или по глубине вследствие образования водоворотных вальцов и областей с разрывным течением.

В соответствии с этим существует другая точка зрения на характер взаимодействия турбулентного потока с руслом, основанная на предположении о том, что главным фактором, влияющим на устойчивость частиц грунта в области размыва, является максимальная мгновенная скорость у поверхности русла (на высоте выступов шероховатости), причем независимо от того, является движение равномерным или нет. Одним из первых такое предположение сделал Л.И.Кумин[4].

Если допустить, что частицы грунта меньше по своим размерам, чем масштаб турбулентности, то очевидно, что основным фактором, вызывающим сдвиг частиц, будет являться движение перемешивающихся объемов воды со скоростью, равной местной мгновенной скорости, т.е. актуальной скорости, являющейся пульсирующей величиной. При этом осредненное значение скорости может оказаться меньше той, которая при отсутствии пульсаций соответствует началу перемещения частиц.

Существенным недостатком такого подхода к решению задачи является невозможность измерения скоростей в непосредственной близости от частиц. Однако, как указывает Л.И.Кумин, турбулентное перемешивание у твердой поверхности вполне определяется крупномасштабным перемешиванием на некотором удалении от поверхности. Это предположение, по мнению Л.И.Кумина, оправдывается также и тем, что роль крупномасштабного перемешивания является существенной при оценке размывающей способности потока. Последнее утверждение представляется правомерным, если учесть то обстоятельство, что крупномасштабные вихреобразования мало подвержены влиянию вязкости и являются основными «носителями» энергии потока, которая рассеивается при дроблении указанных вихрей на более мелкие.

Развивая эту точку зрения, можно прийти к мысли о том, что оценка устойчивости частиц грунта только влиянием максимальной величины продольной составляющей актуальной скорости без учета пульсации, т.е. динамического характера нагрузки на частицы, была бы неполной.

В.А.Базиливичем установлена зависимость способности потока к размыву при высокой интенсивности турбулентности, а также от величины пульсаций скорости [5]. Максимальная мгновенная допустимая скорость в воронке размыва на расстоянии 0,2-0,5см от дна в тех случаях, когда полуразмах пульсаций меньше местной осредненной скорости, получена приблизительно равной

$$\bar{U} a \max \approx (2,2 \div 0,6) \omega_a \quad (2)$$

где ω_a – гидравлическая крупность частиц однородного размываемого материала.

Установлено также, что такое допустимое значение мгновенной скорости в тех случаях, когда полуразмах вдвое больше, чем местная осредненная скорость, становится значительно меньше:

$$\bar{U} a \max \approx (1,32 \div 0,4) \omega_a \quad (3)$$

Кроме того, пульсация скорости обуславливает циклическое воздействие потока на частицы грунта, в результате чего отдельные мелкие частицы постепенно «раскачиваются» освобождаются от удерживающего воздействия окружающих частиц большего размера и уносятся потоком.

Исследования Ц.К.Мирцхулова показали, что пульсационный характер нагрузки на размываемую поверхность приводит также к усталостному разрушению и связных грунтов, при этом отношение максимальных мгновенных скоростей к осредненным в точках, расположенных в десятых долях миллиметров от дна, изменяется от 1,1 до 2,05. С увеличением интенсивности турбулентности, вызванной, например, повышением шероховатости, это отношение возрастает. В среднем для большинства случаев практики можно считать, что мгновенные максимальные пульсационные скорости приблизительно в два раза больше осредненных [1].

Обратим теперь внимание на факторы несколько иной природы. Как было сказано выше, на величину размыва значительное влияние оказывает наличие в потоке взвешенных наносов, находящихся в коллоидном состоянии.

Известно, что равномерный турбулентный поток обладает способностью транспортировать определенное количество наносов. Уменьшение скорости потока сопровождается осаждением наносов на поверхность русла, а увеличение ее приводит к соответственному увеличению мутности, т.е. к большему насыщению потока наносами. В соответствии с этим наряду с понятием о неразмывающей скорости потока существует еще понятие о незаиляющей скорости.

Таким образом, скорость, при которой частицы начинают переходить во взвешенное состояние, с другой стороны равна наименьшему значению скорости, не допускающей осаждения наносов, и называется "незаиляющей скоростью". Иногда вместо определения незаиляющих скоростей устанавливают предельное значение мутности, при которой поток может транспортировать частицы определенной крупности. Отсюда вполне естественно, что осветленный поток, не имеющий взвешенных наносов, обладает способностью размывать русла до достижения предельной местности, соответствующей данной скорости потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирцхулова Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. М.: Колос, 1971.
2. Чоу В.Т. Гидравлика открытых каналов. М.: Стройиздат, 1975.
3. Ляхтер В.М. Турбулентность в гидросооружениях. М.: Энергия, 1970.
4. Кумин Л.И. Турбулентное перемешивание у твердой поверхности потока. М.: Энергия, 1970.
5. Базильевич В.А. Затухание повышенной турбулентности за донным и поверхностным затопленными прыжками. Межведомственный сборник научных трудов «Гидравлика» (вып. №2). Киев, 1970.

Шыныбаев А.Д., Абилкасимов Б.Е.

Сумен жабдықтау жүйесіндегі ашық көздегі жергілікті шайылу су параметрлерінің әсер ету жұмысының анализі

Түйіндеме. Сумен жабдықтау жүйесіндегі ашық көзді су жергілікті шайылудың жұмыстарына байланысты және жұмыс түрлерін салыстырмалы түрде қарастырылған. Реттегіш ғимараттардың астыңғы биефтегі жергілікті шайылудың су параметрлері әсер етуі көрсетілген.

Шинибаев А.Д., Абилкасимов Б.Е.

Анализ работ по влиянию параметров потока на явление размыва русла на открытых источниках водоснабжения

Резюме. Приводится сравнительный анализ различных работ, посвященных вопросу размыва русла на открытых источниках систем водоснабжения. Рассматривается влияние параметров потока на явление местного размыва в нижнем бьефе водорегулирующих сооружений.

Shinibaev A.D., Abilkassimov B.E.

The analysis of works on influence of parameters of a stream on the phenomenon of washout of the course on open sources of water supply

Summary. The comparative analysis of the various works devoted to a question of washout of the course on open sources of water supply is provided. Influence of parameters of a stream on the phenomenon of local washout in bottom bief water regulating constructions is considered.