

Квасов П.А.

НОВЫЙ СПОСОБ ГАШЕНИЯ ЭНЕРГИИ ПОТОКА

Р.А. Kvasov

NEW DAMPENING FLOW ENERGY

УДК: 512/7-14

Для гашения энергии сбросного потока в нижнем бьефе размещают специальные сооружения, которые называются гасителями. В шахтном водосбросе процесс гашения энергии можно предусмотреть в узле сопряжения шахты с туннелем. С целью улучшения режима работы предлагается гашение производить соударением закрученных струй.

Ключевые слова: шахтный водосброс, закрутка потока, ударное воздействие потока, отводящий водовод, нижний бьеф.

For clearing energy of a waste stream in bottom of the level place special constructions which refer to the device for clearing. In a mine spillway process of clearing of energy can be provided in unit of interface of mine with the tunnel. With the purpose of improvement of an operating mode it is offered to make clearing by impact of the twirled jets.

Key words: mine spillway, twist flow impact force flow, tailrace, tailrace.

В случае сопряжения шахты с отводящим туннелем с большим уклоном и малым поперечным сечением целесообразно применение рассекателя в камере гашения. Присутствие рассекателя на дне кольцевого колодца в виде конуса плавнообтекаемой формы позволяет развернуть поток на 180° с образованием циркулярного гидравлического прыжка. Наличие гидравлического прыжка увеличивает степень гашения кинетической энергии сбросного потока. Плавная форма сопряжения с помощью конуса позволяет устранить ударное воздействие потока на дно и стенки. Валец гидравлического прыжка, состоящий из водовоздушной смеси, поглощает в себе пульсации скорости и давления.

Гашение кинетической энергии сбросного потока можно также производить и в самой шахте. Как вариант это можно достигнуть размещением в шахте водосброса другой шахты, внутренней. При этом последняя выступает над основной шахтой, а своим нижним концом углублена внутрь переходной камеры. К выступающей части внутренней шахты тангенциально подведен водовод (канал) аналогично подводу к основной, внешней шахте, но с закруткой потока в противоположном направлении. Таким образом, часть потока движется между внешней и внутренней шахтами, а другая – во внутренней шахте. Обе струи имеют одинаковую угловую скорость, но разное направление. Соударение струй происходит в переходной камере, и под воздействием образующегося здесь напора вода поступает в отводящий водовод.

Схема предлагаемой конструкции представлена на рис.1, где: 1 – подводящие водоводы; 2 – внутренняя шахта; 3 – внешняя шахта; 4 – переходная каме-

ра; 5 – отводящий водовод. Водоводы 1 тангенциально сопрягаются с шахтами: с внешней по направлению часовой стрелки, с внутренней – против часовой стрелки.

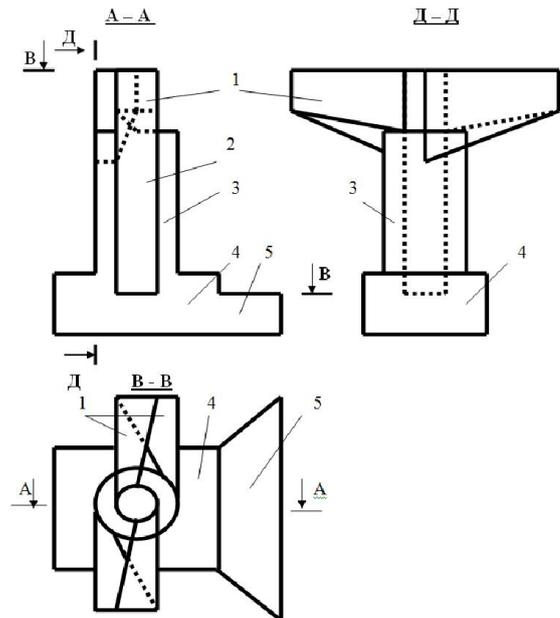


Рис. 1. Вихревой водосброс с двумя вложенными шахтами.

Внешняя шахта 3 нижним концом соединена с потолочной частью переходной камеры 4. Внутренняя шахта 2 длиннее внешней, а нижний опускается в переходную камеру, не доходя до ее дна. Переходная камера в свою очередь соединена с отводящим водоводом 5.

Устройство работает следующим образом: поток, поступающий тангенциально внешней и внутренней шахтам по подводящим водоводам 1, делится на две одинаковые части: одна часть поступает в пространство между внешней 3 и внутренней 2 шахтами, а вторая – во внутреннюю шахту. Разделенный на две части поток представляет собой вихревое движение струй с одинаковой угловой скоростью, но противоположных по направлению. Струи, двигаясь по винтообразной траектории, теряют часть своей кинетической энергии и достигают переходной камеры 4, где происходит их соударение и, следовательно, гашение избыточной энергии сбросного потока. Под действием напора воды в переходной камере поток движется в отводящий водовод 5 и попадает в нижний бьеф.

Данная конструкция позволяет повысить надежность работы сооружения и улучшить гидравлические условия гашения избыточной кинетической

энергии сбросного потока в переходной камере за счет соударения турбулентных струй с разными по направлению закруткой с вертикальной осью вращения.

Использование внутренней шахты усложняет конструкцию водосброса, но в то же время упрощается конструкция гасителя в нижнем бьефе и повышается надежность сооружения за счет снижения скорости до бытовых значений во всем диапазоне изменения расхода.

Водосброс данного типа может использоваться не только в водохранилище, но и вне его. Причем подводящие водоводы могут быть как безнапорные каналы, так и напорные туннели.

Гашение энергии в узле сопряжения можно также производить соударением закрученных струй с горизонтальной осью вращения. Технический результат достигается тем, что в шахтном водосбросе, включающем цилиндрическую вертикальную шахту, подводящие водоводы, переходную камеру и отводящий водовод, переходная камера представляет собой цилиндр, внутри которой размещена труба с выступающим концом из узла сопряжения, а другой конец трубы расположен внутри цилиндра. К выступающей части трубы тангенциально сопряжена одна из шахт аналогично другой, которая также тангенциально соединена с цилиндром узла сопряжения, но с закруткой потока в противоположном направлении.

Предлагаемое решение обеспечивает устойчивое вихревое движение и устраняет ударное воздействие потока на дно переходной камеры. Вихревой эффект достигается за счет тангенциального соединения обеих шахт с цилиндром и трубой. В переходной камере часть потока движется между цилиндром и трубой, а другая – в трубе. Обе струи имеют одинаковую величину угловой скорости, но разное направление. Соударение струй происходит в переходной камере, и под воздействием образующегося здесь напора поток движется в отводящий водовод.

Из верхнего бьефа поток через две шахты поступает тангенциально к трубе и цилиндру переходной камеры, в котором образуются два вихревых течения – в трубе и между цилиндром и трубой. Закрученные струи, двигаясь по винтообразной траектории, достигают конца трубы в цилиндре, где происходит их соударение и гашение избыточной кинетической энергии сбросного потока.

Схема предлагаемой конструкции представлена на рис. 2. Здесь: 1 – шахта; 2 – труба; 3 – цилиндр; 4 – переходная камера; 5 – отводящий водовод.

Шахты 1 тангенциально соединены с трубой 2 и цилиндром 3. Цилиндр 3 определяет габариты переходной камеры 4, внутри которой находится один конец трубы 2, а другой выступает из переходной камеры 4. Переходная камера 4, в свою очередь, соединена с отводящим водоводом 5.

Устройство работает следующим образом: поток по двум шахтам 1 из верхнего бьефа танген-

циально поступает к трубе 2 и цилиндру 3 переходной камеры 4. Поток, поступая по шахте, тангенциально входит в узел сопряжения, образует две вихревые струи, которые движутся в трубе и между цилиндром и трубой.

Разделенный на две части поток представляет собой вихревое движение струй с одинаковой величиной угловой скорости, но противоположных по направлению. Струи, двигаясь по винтообразной траектории, достигают конца трубы в переходной камере, где происходит их соударение и, следовательно, гашение избыточной энергии сбросного потока. Под действием напора воды в переходной камере поток движется в отводящий водовод 5 и попадает в нижний бьеф.

Предлагаемое решение позволяет повысить надежность сооружения за счет снижения пульсационных нагрузок на стенки узла сопряжения шахты с отводящим туннелем. Резкое снижение пульсационных нагрузок достигается устранением ударного лобового воздействия потока на стенки переходной камеры. В данной конструкции используется новый способ гашения избыточной кинетической энергии сбросного потока в камере путем закрутки в виде двух вихревых течений с горизонтальной осью вращения и соударения струй по направлению движения двухфазной среды.

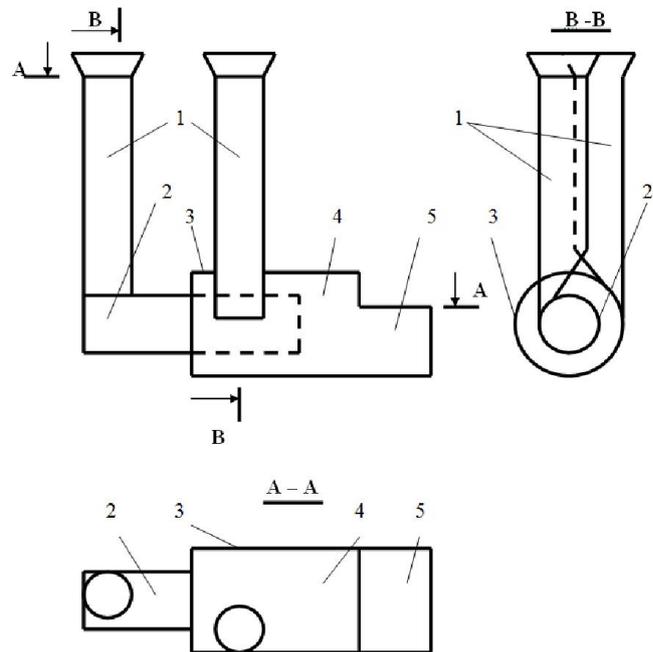


Рис. 2. Водосброс с двумя вертикальными шахтами

Использование двух шахтных стволов, дополнительной трубы в переходной камере улучшает условия работы шахтного водосброса, устанавливается устойчивый режим в отводящем туннеле.

Для повышения степени гашения энергии сбросного потока можно также применять силы трения, используя искусственную шероховатость. Камера гашения имеет круглое сечение, шахта сопрягается с ней тангенциально с целью обеспечения равно-

мерной нагрузки на стенки. В камере гашения наблюдается вращательное движение потока с резким градиентом распределения скорости – максимальное значение вблизи стенки, а минимальное – по оси вращения потока. Такой профиль скорости сосредоточивает основную массу воздуха в центре камеры. Недостатком данной конструкции является невозможность аэрации потока по всему сечению из-за отсутствия турбулентной диффузии, которая присутствует в пограничном слое потока вблизи твердой стенки. В данном случае гладкая цилиндрическая поверхность камеры гашения не позволяет развить пограничный турбулентный слой потока. Отсутствие турбулентного смешения формирует такой профиль скорости, что придонное течение в камерах гашения и деаэрации имеет максимальное значение, т.е. гашение избыточной скорости сбросного потока в указанных камерах производится в недостаточной степени, и в отводящем туннеле наблюдаются скорости, опасные по значению для материала облицовки туннеля. Концентрация воздуха по оси камеры гашения приводит к образованию воздушной подушки, и по мере роста ее объема происходит прорыв воздуха из камеры гашения в камеру деаэрации, дестабилизируя режим ее работы. Такой прорыв сопровождается гидродинамическим ударом и подвергает нежелательным нагрузкам конструкцию водосброса.

Для устранения данного недостатка необходимо активная аэрация по всему живому сечению потока и наращивание турбулентного погранслоя на внутренних стенках камеры гашения. Для этого на цилиндрической поверхности камеры гашения размещае-

тся искусственная шероховатость таким образом, что создается пограничный турбулентный слой на поверхности камеры. Наличие погранслоя изменяет профиль скорости, при этом максимальное значение скорости отодвигается от поверхности камеры на расстояние равное толщине погранслоя.

Турбулентная вязкость в погранслое способствует активному перемешиванию потока с воздухом, образуя в данном слое высокоаэрированный поток и рассредоточению воздуха из осевого положения по всему живому сечению. Профиль концентрации воздуха резко изменяется – максимальное содержание воздуха переходит из оси в придонную область. Изменение профилей скорости и концентрации свидетельствуют об улучшении условий гашения избыточной энергии сбросного потока и повышают надежность работы водосброса. Таким образом, в камере гашения с искусственной шероховатостью степень аэрации возрастает, и улучшаются условия гашения избыточной энергии потока по сравнению с водосбросом, т.к. создаются физические условия для активной аэрации в придонной области и насыщения потока воды воздухом по всему поперечному сечению. Насыщение воздухом потока позволяет также устранить кавитационную эрозию камеры гашения.

Использование искусственной шероховатости позволяет улучшить условия работы водосброса в узле сопряжения шахты с отводящим туннелем за счет равномерного распределения воздуха по живому сечению потока, уменьшения градиента скорости и исключения вакуумных зон в камере гашения.

Рецензент: д.т.н., профессор Алымкулов К.