

Д.С. Жуковский, студент,
В.И. Лазаренко, ст. преподаватель,
Донецкий национальный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СМЕСИ В НАПОРНЫХ И БЕЗНАПОРНЫХ ПОТОКАХ

В работе приведен критический анализ различных формул, для определения критической скорости движения гидро. смеси, предложено деление этих формул на две группы и даны рекомендации по проведению дальнейших теоретических и экспериментальных исследований турбулентной структуры взвесенесущих потоков и их интегральных характеристик.

В течении XX столетия изучению критических режимов и определению критических скоростей движения гидравлической смеси в напорных и безнапорных потоках уделялось значительное внимание. Многие исследователи, учитывая, что гидротранспорт при скоростях, близких критическим, является наиболее экономичным, считали, что без знания значений критической скорости нельзя грамотно и надёжно спроектировать гидротранспортные установки.

Критической скоростью принято называть минимальную среднюю скорость потока гидросмеси, при которой твёрдые частицы данной крупности и плотности или начинают осаждаться, или находятся на пределе выпадения, или, находясь во взвешенном состоянии, ещё не осаждаются. Таким образом, большинство исследователей в понятие критической скорости вкладывают приблизительно один и тот же смысл. При определении критической скорости наметились три совершенно различных способа.

Первый основан на визуальном наблюдении за началом выпадения твёрдых частиц на дно. Этот способ полностью отвечает понятию критической скорости и имеет достаточную точность для практических расчётов.

Второй способ основан на соответствующей обработке опытного материала, представленного в виде кривых $i_r=f(v)$. На графиках, построенных в координатной сетке i_r-v находится точка минимальных удельных потерь напора, соответствующая определённой скорости и принимается равной критической. Проведенные нами опыты показали, что значения критических скоростей, определённых по та-

кому методу, могут значительно отличаться от значений, полученных непосредственно из опыта визуальным путём. К такому же выводу пришли и учёные А.П. Юфин и А.С. Стариков. Таким образом, значения критических скоростей, полученных по второму способу, не могут служить надёжной основой для отысканий зависимости $i_r = f(v)$, но критическая скорость здесь определяется как точка, соответствующая пересечению кривой зависимости $i_r = f(v)$, построенной для чистой воды, и кривой зависимости $i_r = f(v)$, построенной для гидросмеси, где i_r выражено высотой столба гидросмеси. По этому способу определяется не критическая скорость в обычном понимании, а какая – то другая скорость, не соответствующая понятию критической, которую А.П. Юфин предложил назвать второй критической скоростью.

Каждая из критических скоростей, найденная по трём приведенным выше способам, имеет определённый физический смысл и характеризует определённый режим течения гидросмеси. Критическая скорость находится в сложной зависимости от таких параметров гидротранспортирования как диаметр трубопровода D , консистенция твёрдого S , плотность твёрдого ρ_r и средний размер частиц транспортирования d_{cp} . Эта зависимость одними авторами раскрывается путём некоторых теоретических построений, другими, путём использования теории размерностей, а третьими – чисто эмпирически, но всегда привлекается опытный материал, полученный по одному из упомянутых способов.

В настоящее время различными авторами предложено большое число формул для определения критической скорости. Все предложенные формулы можно разделить на две группы. К первой группе формул, по которым определяется первая критическая скорость, следует отнести формулы А.П. Юфина, А.Е. Смолдырева, В.В. Трайниса, А.Е. Иванова, В.В. Катульского, Ф.М. Чернышова, Г.Н. Роеера, Дюрана, Жибера и других. Эти формулы имеют большое практическое значение, так как по ним определяется скорость, соответствующая, с точки затрат энергии, наиболее экономичному режиму гидротранспортирования. В практике проектирования в качестве оптимальной расчётной скорости обычно выбирается близкое к этой скорости значение.

Ко второй группе формул, по которым определяется вторая критическая скорость, относятся формулы В.С. Кнороза, М.А. Дементьева, П.Д. Евдокимова и Б.Е. Романенко. Критическая скорость, вычис-

ленная по этим формулам, в 1,5 – 2,5 раза превышает первую и не является наиболее экономичной с точки зрения затрат энергии на гидротранспорт. Если в качестве расчётной скорости принять вторую критическую скорость, то затраты энергии сильно возрастут и работа такой гидротранспортной установки станет неэкономичной. Давая общую оценку расчётных зависимостей для определения критической скорости, следует учесть следующее. Большинство из предложенных формул является аналитическим выражением результатов экспериментальных исследований, поэтому они справедливы только для тех условий, для которых были получены опытным путём. Кроме того, достоверность этих формул зависит от качества и объёма экспериментального материала, послужившего основой для получения расчётных зависимостей, методики обработки опытных данных, а также от теоретических предпосылок и надлежащего анализа предложенных взаимосвязей основных параметров.

Между тем многие авторы, выполнив исследования при весьма ограниченном диапазоне изменения параметров гидротранспортирования и поэтому, располагая скромным экспериментальным материалом, не ограничивают область применения полученных или экспериментальных зависимостей. Одни из них не оговаривают, для каких условий применены предложенные расчётные зависимости, другие – неоправданно и бездоказательно пытаются расширить область их применения. Учитывая чрезвычайную разнообразность условий гидротранспорта, к выбору той или иной расчётной зависимости следует относиться очень осторожно и принимать только ту, которая в наибольшей мере отвечает конкретным условиям данного объекта проектирования. Подводя итог обзору теоретических и экспериментальных работ, посвящённых взвесенесущим потокам, можно сделать следующие выводы:

1. Несмотря на усилие многих исследователей, до сих пор не создано достаточно строгой теории движения двух фазных потоков, имеющей физическое и математическое обоснование. Большинство из предложенных уравнений движения взвесенесущих потоков представляют собой не замкнутые системы, из которых не представляется возможным получить решение основных задач гидротранспорта.

2. Приведенные экспериментальные исследования кинематической структуры взвесенесущих потоков в подавляющем большинстве случаев выполнены в безнапорных потоках при очень низких концентрациях и дают лишь более или менее полное представление о том,

как изменяется скоростное поле потока под влиянием твёрдой компоненты. Они качественно подтверждают закон изменения концентрации твёрдых частиц по глубине потока, полученный на основе полуэмпирических решений, однако не дают надёжных обобщающих количественных зависимостей для построения профиля скорости и концентрации по сечению потока, особенно для практических случаев напорного гидротранспортирования в трубопроводах, в которых консистенция гидросмеси может быть в сотни раз больше, чем в проведенных опытах.

3. За годы независимости Украины отечественными учёными и практическими работниками проведена огромная работа по изучению гидротранспорта твёрдых материалов в трубопроводах. Накоплен обширный экспериментальный материал по интегральным характеристикам, на основе которого предложено большое число расчётных приёмов и формул, позволяющих для определённых условий определить гидравлический уклон и критическую скорость. Однако проведенная работа в этой области не может считаться достаточной для удовлетворения возросших запросов практики, особенно в связи с расширением области применения гидротранспорта в различных отраслях народного хозяйства.

Таким образом, возникает настоятельная необходимость в проведении по широкой программе теоретических и экспериментальных исследований турбулентной структуры взвешенных потоков и их интегральных характеристик.

Список источников.

1. Юфин А.П. Гидромеханизация.- М.: Изд. лит. по строительству, 1965.- 496 с.
2. Смолдырев А.Е. Гидро- и пневмотранспорт.- М.: Недра, 1975.- 383 с.
3. Куприн А.И. Безнапорный гидротранспорт.- М. Недра, 1980.- 244 с.