СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ И РЕГИОНОВ: ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, РАЗВИТИЕ БИЗНЕСА, ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОРОДА

Материалы II Международной научно-практической конференции, Волгоград, 3 февраля 2017 г.

Волгоград
ВолгГТУ
2017

УДК 532.529.5

Махкамов С.М., Турсунова Э.А.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ С АНОМАЛЬНЫМИ СРЕДАМИ

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Обычно реологическое исследование аномальных систем проводится при квазистационарных условиях деформирования, тогда касательное напряжение, возникающее в системе, соответствует псевдоравновесному состоянию, т.е. не учитывается возможность временной зависимости скорости деформации и напряжения сдвига. В то же время различные переходные процессы в разных гидравлических системах, например трубопроводах, протекают при нестационарных условиях деформирования среды. При таких условиях деформирования многие аномальные системы проявляют неравновесные эффекты. Релаксация напряжений и деформация в аномальных средах могут быть сложными и математическое описание их с помощью обычных моделей или их совокупности не всегда адекватно реальному процессу.

В данной работе рассматриваются случаи возникновения давления, как при сжатии жидкой среды, так и при растягивании. До последнего времени считалось, что обычные ньютоновские жидкости, реологическое уравнение которых имеет вид

$$\tau = \mu\gamma \qquad (1)$$

не сопротивляются на растяжение, тогда как этот эффект хорошо виден в жидкостях, обладающих вязкоупругими свойствами, например 0,5-1% процентный водный раствор ПАА, композитные материалы и нефти некоторых месторождений Узбекистана [1]. Такие жидкости называются вязкоупругими жидкостями. В этих средах, при напряжении между главными осями эллипсоидов напряжения, возникает некоторое угловое расхождение, это связано с тем, что в них кроме касательных напряжений возникает и нормальное напряжение [1, 2]. В работах [1-5] приведены результаты исследования таких жидкостей, где эффект Вейсенберга ярко проявляется в смолистых нефтях. Детальное изучение вязкоупругих свойств таких сред возможно только с помощью специальной реометрической аппаратуры типа Инстрон или реогониометр Вейсенберга.

Существуют два метода определения вязкоупругих характеристик аномальных сред. В первом определяются коэффициенты дифференциального уравнения реологического состояния системы, во втором определяются параметры из кривой динамических возмущений среды при подаче нагрузки, как ступенчатой, так и синусоидальной формы. Как уже выше отмечалось, напряженное состояние жидкости можно пояснить тем, что при деформировании в реальных жидкостях между главными осями эллипсоидов напряжения возникает некоторое угловое расхождение, чем больше жидкость обладает вязкоупругими или таксотропными свойствами, тем расхождение будет больше. Для случая плоской задачи эллипсоид напряжения обращается в эллипс напряжения. Обычно в сплошных средах, которые не способны воспринимать касательные напряжение ($\tau=0$), эллипсоид напряжения обращается в шаровую поверхность. Это явление наблюдается в покоящихся жидкостях т.е. в покоящихся жидкостях не могут возникать касательные напряжения сдвига τ, значит в гидростатике напряженное состояние жидкости описывается упомянутой шаровой поверхностью, причем здесь значение нормального напряжение σ вовсе не зависит от ориентировки площадки действий.

Значит можно сказать, что гидростатическое давление p представляет собой скалярное значение, которое равно модулю напряжения σ в данной точке:

$$P=|\sigma| \qquad (2)$$

При этом значение p представляют в виде

$$p = \lim_{S \to 0} \frac{|p|}{S}$$

Где |p| - модуль силы, действующей на некоторую площадку, которая имеет площадь, равную S.

Когда речь идет о двух известных свойствах гидростатического давления p, при указанном методическом подходе к данному вопросу необходимо отметить следующие положения:

а) величина гидростатического давления p не зависит от ориентировки площадки, на которую действует сила в рассматриваемой точке. Причем здесь оказывается необходимым сослаться на упомянутую выше шаровую поверхность, т.к. по законам гидростатики любая частица жидкости сжата со всех сторон одинаково.

б) элементарная сила dP, подсчитанная исходя из величины p, которая действует в соответствующей точке, равна

$$dP=pdS$$

направленна по нормали внутренней, т.е. внутрь объема жидкости, давление на которой мы рассматриваем, причем эта элементарная сила (а не гидростатическое давление) ортогональна к площадке действия S. Значит, при покоящейся жидкости будь она ньютоновской или неньютоновской, действующие силы на элементарную площадку взаимно уравновешиваются, вследствие этого равновесие сохраняется.

Что касается гидродинамического давления, то при условиях движения реальной жидкости (когда скорости в живых сечениях распределяются неравномерно) в толще потока возникают касательные напряжения σ. При этом, в отличие от гидростатики, мы вместо шаровой поверхности напряжений получаем эллипсоид напряжений. В связи с этим, опять-таки в отличие от гидростатики, напряжение σ (в данной неподвижной точке пространства, через которую протекает жидкость) в случае гидродинамики оказывается зависящим от ориентировки площадки действия, намечаемой в этой точке. Для упрощения расчетов обычно считают условно, что каждая точка пространства характеризуется некоторой величиной p равной

$$p=\sigma_1+ \sigma_2+\sigma_3 \quad (3)$$

где σ_1, σ_2, σ_3- представляют собой главные напряжения, относящиеся к данной точке.

Можно показать, что в случае плоской задачи формулу (3) можно записать в виде

$$p=\sigma_1+ \sigma_2 \quad (4)$$

причем условность p сохраняется.

Как видно, в данном случае величина p принципиально отличается от гидростатического давления p. Величина гидродинамического давления p является величиной условной: некоторой средней характеристикой напряженного состояния в данной точке - характеристикой, не зависящей при указанной постановке вопроса от ориентировки «площадки действия».

Естественно возникает вопрос: чему равно действительное нормальное напряжение, действующее, например, на твердую стенку, вдоль которой движется жидкость. Определение такого напряжения необходимо, например, для оценки прочности стенки трубопровода по которому транспортируются такие аномальные жидкости.

Для решения данного вопроса ось 0_x направим вдоль стенки трубопровода, а ось 0_z ортогонально к стенке трубы. Допустим, что направление течения происходит по оси 0_x. Сила давления dp, которая действует на элементарную площадку dS, расположенную на стенке трубы будет равна

$$dp=\sigma_n\, dS \quad (5)$$

где σ_n- нормальное напряжение действующая на площадку dS.

Известно, что для обычных вязких жидкостей величина нормальных напряжений может быть представлена в виде:

$$\sigma_n = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) + \eta\frac{\partial u}{\partial n} \quad (6)$$

где σ_1, σ_2, σ_3 - главные напряжения в данной точке (или любые нормальные напряжения по взаимно ортогональным площадкам в данной точке); $\frac{\partial u}{\partial n}$ - так называемая прямая частная производная в данной точке.

Если движение происходит в направлении которое перпендикулярно к направлению действия силы ΔP, то

$$\frac{\partial u}{\partial n} = 0 \quad (7)$$

Значит можно считать, что для указанных площадок действия гидродинамическое давление оказывается равным

$$p = \frac{1}{3}|(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)| \qquad (8)$$

Для определения касательных напряжений сдвига τ в потоке жидкости применение формулы Ньютона (1) может привести к ошибочным результатам, если её использовать без всяких ограничений. Поэтому при использовании данной зависимости необходимо отметить следующее: во первых она справедлива только для частного случая ламинарного движения жидкости, т.е. тогда, когда перемещение отдельных частиц жидкости является прямолинейным и параллельным к оси потока, во вторых она может служить для определения (в каждой точке потока) только продольных касательных напряжений.

Что касается общего случая ламинарного движения, то для него вместо формулы (1) можно пользоваться следующей зависимостью

$$\sigma_{xz} = \eta\left(\frac{\partial u_x}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial x}\right) \qquad (9)$$

Необходимо отметить, что если рассматривается движение аномальных сред, обладающих вязкоупругими свойствами, лучше пользоваться моделью Максвелла

$$\tau + \lambda\frac{d\tau}{dt} = \eta\frac{d\gamma}{dt} \qquad (10)$$

Здесь $\lambda = \frac{\eta}{G}$ время релаксации, G - модуль упругости

Когда среда находится в покое, т.е. не движется, реологическое уравнение (10) решается легко и можно получить закон спада (релаксации) напряжений сдвига в исследуемой среде:

$$\tau = \tau_0 e^{-t/\lambda} \qquad (11)$$

Из (11) формулы можно установить физический смысл параметра λ, если предположить, что t=λ, то λ означает время, в течение которого первоначальное приложенное напряжение уменьшается в *e* раз после снятия нагрузки. Если напряженное состояния происходит в течение длительного времени, иначе говоря время нагружение значительно больше времени релаксации $t \gg \lambda$ то $\tau \rightarrow 0$ т.е. напряженное состояние постепенно уменьшается и в таких случаях учет параметра λ обязателен. Если время нагрузки значительно меньше времени релаксации $t \leq \lambda$ то $\tau \rightarrow \tau_0$ и релаксация не учитывается. Таким образом учет времени релаксации в реальных процессах связан с вопросом о соизмеримости ее со временными характеристиками процесса. Когда деформация жидкой среды происходит при постоянном напряжении т.е. τ=const, тогда

$$\gamma = \frac{\tau}{\mu} \qquad (12)$$

И это выражение отражает обычное вязкое течение. Как было отмечено выше, зависимость (1) даваемая без всяких ограничений, может привести нас к ошибочным результатам. Выписывая данную зависимость, необходимо отметить следующее:

- Во первых она справедлива только для частного случая ламинарного движения жидкости, являющегося параллельноструйным, т.е. когда перемещение отдельных частиц жидкости является прямолинейным и жидкость является обычной вязкой жидкостью.

- Во вторых зависимость (1) может служить для определения (в каждой точке потока) только продольных касательных напряжений.

Для случая обычного ламинарного движения, вместо формулы (1) следует пользоваться зависимостью (9).

Если, исследуемая среда представляет собой аномальную неньютоновскую жидкость, то вместо уравнения (1) необходимо пользоваться уравнением Шведова-Бингама, где учитываются как вязкостные, так и пластические свойства жидкости, или же уравнением Оствальде-де-Валле или Максвелла, где зависимость напряжения сдвига от скорости деформации является нелинейной, а также учитываются вязко-упругие свойства жидкости.

Библиографический список

1. Мукук К.В., Махкамов С.М., Шафиев Р.У. Релаксационные поцессы в аномальных системах и их интерпретация на основе идентификационных моделей. Труды X-симпозиума по реологии полимеров. Пермь, 1978

2. Мукук К.В., Махкамов С.М., Саттаров Р.М. Обратная задача релаксирующих аномальных систем. «Изв. АНУзССР». сер.техн.наук, 1979, №4.

3. Ентов В.М., Махкамов С.М., Мукук К.В. Об одном эффекте нормальных напряжений. Н.Ф.Ж. т.34, 1978, №3

4. Мукук К.В., [и др.]. О необходимости учета тиксотропии при перекачке парафинистыхнефтей. Труды СреаазНИПИнефть, 1976, вып. 3.

5. Мукук К.В. О релаксационных моделях аномальных систем. ДАН, УзССР, 1978, №9

УДК 628.921

Мирбабаева Д.Х.

УЧЕТ ООСОБЕННОСТЕЙ СВЕТОВОГО КЛИМАТА УЗБЕКИСТАНА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Естественное освещение под открытым небом создается тремя основными источниками света: солнце, которое является первичным источником, подвижным и практически точечным, и вторыми источниками – атмосферой, рассеивающей проходящий свет солнца, и земным покровом,