

Это характеризует разрыв кривой возврата и переход ее в другое место.

Такой переход допустим при условии, что будет иметься одна общая касательная как к первой кривой возврата, так и ко второй. Принципиальное построение показано на рис. 3.

Здесь взяты цилиндры с направляющей по окружности. Проекция образующих $1-1_1, 2-2_1, 3-3_1, 4-4_1$ образованы движением по кривой $ABCD$. Образующая $4-4_1$ — общая для первого и второго цилиндров проекция $4-4_1, 5-5_1, 6-6_1$ и $7-7_1$ образованы движением по кривой $a'b'c'd'$.

Варьируя положение и наклон цилиндров, а также их число, получаем развертывающиеся

поверхности для отвалов, близких к полувинтовым (см. рис. 3). Поверхности отвалов, построенные с одной кривой возврата, по своей геометрической характеристике близки к существующим, но при этом имеют перед ними преимущество, заключающееся в том, что являются развертывающимися на плоскость.

Список литературы

1. Василенко В.В. Расчет рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин. — Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1994. — С. 28–32.
2. Кленин Н.И., Саун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. — М.: Колос, 1980. — С. 60–64.

УДК 626.83

С.Ю. Переверзев

Московский государственный университет природообустройства

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ НЕРАСТВОРЕННОГО В ВОДЕ ВОЗДУХА НА ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Втранспортируемой по напорным трубопроводам воде всегда имеется некоторое количество нерастворенного в воде воздуха. Практически при давлении в трубопроводах от 0,6 до 1 МПа содержание нерастворенного в воде воздуха может составлять от 0,1 до 2 % от объема воды.

Даже относительно небольшое содержание воздуха оказывает существенное влияние на протекание переходных процессов в напорных системах водоподачи. Прежде всего это выражается в уменьшении скорости распространения волн изменения давления a .

Анализ теоретических формул для определения величины скорости распространения ударной волны с учетом наличия в потоке свободной концентрации воздуха показывает, что наиболее обоснованными и полно отражающими физическую сущность процесса являются зависимости, предложенные В.М. Альшевым, А.Г. Джваршейшвили, В.С. Дикаревским, Н.Г. Зубковой, Н.А. Картвелишвили, Б.Ф. Лямаевым, Д.Н. Смирновым, И.А. Чарным.

Нерастворенный в воде воздух оказывает значительное влияние на процесс образования разрывов сплошности потока в трубопроводах, в отдельных случаях при этом повышение давления при гидравлических ударах бывает большим при пониженных значениях скоростей a . Это объясняется тем, что образование разрывов сплошности потока начинается раньше, чем при отсутствии нерастворенного в воде воздуха, объемы разрывов сплош-

ности получают большими и ликвидация разрывов сплошности происходит при больших разностях скоростей движения воды.

Впервые учитывать изменения скорости a при проведении расчетов гидравлического удара было предложено Л.Ф. Мошным. Им рекомендовано проводить расчеты при двух значениях a : при отсутствии в воде нерастворенного воздуха (для стальных и чугунных труб $a_1 \sim 1000$ м/с, для асбестоцементных труб $a_1 \sim 600$ м/с) и при значительном количестве нерастворенного воздуха ($a_2 \sim 0,5a_1$).

В настоящее время эти рекомендации в основном и используют при расчетах. Однако совершенно очевидно, что при этом не учитывается изменение величины a от давления. Кроме того, не учитывается смягчающее действие воздуха на величину повышения давления.

Изменение скорости распространения волн в зависимости от давления при различных содержаниях нерастворенного воздуха можно учитывать при расчетах, используя метод характеристик, который применяется и в разработанной в МГУП методике. Это значительно усложняет алгоритм расчета в связи с тем, что необходимо постоянно корректировать величину a на каждом расчетном участке Δx для каждого расчетного интервала времени Δt .

Это может привести в отдельных случаях к погрешности в результатах расчетов. В статье используется другой способ учета влияния нерастворенного в воде воздуха, предложенный К.П. Вишневым

и Л.Ф. Мошным. Для расчета приняты следующие допущения:

1. Масса находящегося в воде нерастворенно-го воздуха принята постоянной. Это вполне допустимо, поскольку растворение воздуха при увеличении давления происходит медленно, выделение воздуха при снижении давления более интенсивно, но увеличение объема воздуха в значительно большей степени происходит вследствие его расширения.

2. Процесс сжатия и расширения воздуха принят изотермическим, что также приемлемо, так как температура воды и воздуха в трубопроводах при переходных процессах практически остается постоянной.

3. Принято, что нерастворенный в воде воздух находится между границами расчетных участков и перемещение его по трубопроводу таким образом не учитывается. Эта расчетная схема, разумеется, условна. Однако достаточно просто возможность ее использования проверяется сопоставлением результатов расчетов при различных длинах расчетных участков, т. е. при различном числе расчетных точек, что практически и было сделано при проведении проверочных расчетов на компьютере по принятому методу. Можно также отметить, что принятие потока в расчетах двухфазным также не совсем соответствует действительности, так как воздух скапливается в основном в повышенных (переломных) точках трубопроводов. Учет перемещения воздуха по трубопроводам практически едва ли осуществим при использовании любого метода.

4. Изменение длин расчетных участков за счет расширения и сжатия воздуха не учитывается. Время Δt распространения волн по расчетным участкам принято постоянным для всего периода расчета переходного процесса. Объемы нерастворенного воздуха всегда значительно меньше объемов, занимаемых в трубопроводах водой, поэтому уменьшение последних и соответственно длин трубопроводов, заполненных водой, можно не учитывать. Фактическое изменение времени распространения волн по трубопроводам учитывается в расчетах за счет сжатия и расширения объемов воздуха, принятых находящимися между границами расчетных участков [1–4].

В качестве исходных данных для проведения расчетов переходных процессов с учетом нерастворенного в воде воздуха задается отношение (1):

$$K_B = \frac{W_B}{W}, \quad (1)$$

где W_B — объем воздуха в трубопроводе при атмосферном давлении; W — объем воды.

В соответствии со значением K_B , объем воздуха в начальный момент времени $t = 0$ (до возникнове-

ния переходного режима) в каждой расчетной точке i может быть определен по формуле (2):

$$W_{B,i} = K_B \frac{\pi d^2}{4} \Delta x \frac{P_{атм}}{P_{абс\ i,0}}, \quad (2)$$

где d — диаметр трубопровода; $P_{абс\ i,0}$ — абсолютное давление в точке переходного режима; $P_{атм}$ — атмосферное давление.

Таким образом, объемы воздуха в расчетных точках и при стационарном режиме будут различными. При переходных процессах эти объемы также будут соответствовать значениям давления $P_{i,j}$ в расчетных точках. Минимально возможное давление P_{min} принимается соответствующим давлению насыщенных паров воды.

Изменение объема воздуха за расчетный период времени Δt в каждой расчетной точке i определяется по средней величине разности расходов воды в сечениях до и после этой точки:

$$W_{i,j} = W_{i,j-1} - \frac{\Delta Q_{i,j} + \Delta Q_{i,j-1}}{2} \Delta t. \quad (3)$$

Так как процесс сжатия и расширения нерастворенного в воде воздуха принят изотермическим, может быть также записано следующее выражение, определяющее зависимость между давлением и объемом нерастворенного в воде воздуха:

$$\left(H_{i,j} - Z_i + \frac{P_{атм}}{\rho g} \right) W_{i,j} = \left[\left(H_{i,j-1} - Z_i + \frac{P_{атм}}{\rho g} \right) W_{i,j-1} \right] = \left(Z_i + \frac{P_{атм}}{\rho g} \right) W_{i,откл}. \quad (4)$$

В соответствии с этими выражениями получена формула для определения значения отраженной волны, возникающей в точке i в момент времени j , $\Psi_{i,j}$:

$$\Psi_{i,j} = \frac{1}{2} \left(\frac{a \Delta Q_{i,j-1}}{2g\omega} - \frac{a W_{i,j-1}}{g\omega \Delta t} - H_{i,0} + Z_i - \frac{P_{атм}}{\rho g} - \varphi_{i(i-1),j} + \Psi_{i(i-1),j} \right) + \left[\frac{1}{4} \left(\frac{a \Delta Q_{i,j-1}}{2g\omega} - \frac{a W_{i,j-1}}{g\omega \Delta t} - H_{i,0} + Z_i - \frac{P_{атм}}{\rho g} - \varphi_{i(i-1),j} + \Psi_{i(i-1),j} \right)^2 + \frac{P_{откл} a W_{i,откл}}{\rho g^2 \omega \Delta t} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

Значение φ_i может быть получено по аналогичной формуле или определено из соответствия $\varphi_{i(i-1),j} + \Psi_{i+j} = \varphi_{i,j} + \Psi_{i(i+1),j}$.

Расчет переходных процессов с учетом нерастворенного в воде воздуха осуществляется в следующей последовательности. В каждый расчетный момент времени j для каждой расчетной точки i проверялась величина $W_{i,j}$. Если она меньше

$W_{i,атм} \frac{P_{атм}}{P_{мин} + P_{атм}}$, т. е. меньше объема воздуха, соот-

ветствующего минимальному давлению, то ψ_{ij} вычисляется по формуле (5), так же вычисляются значения ϕ_{ij} , H_{ij} , ΔQ_{ij} , W_{ij} . Если при этом значение $H_{ij} - Z_i$ получается меньше $P_{мин}/\rho g$, это будет означать, что в расчетной точке происходит образование кавитационного разрыва сплошности потока. Поэтому $h_{ij} = H_{ij} - Z_i$ принимается в этих случаях равным $P_{мин}/\rho g$ и в соответствии с этим условием осуществляется расчет изменения объема разрыва сплошности потока. Таким образом, в следующий момент времени ($j + 1$) величина W_{ij+1} будет боль-

ше $W_{i,атм} \frac{P_{атм}}{P_{мин} + P_{атм}}$ и управление будет передавать-

ся к расчету образования кавитационного разрыва сплошности потока. В случае последующего умень-

шения величины W_{ij} ниже $W_{i,атм} \frac{P_{атм}}{P_{мин} + P_{атм}}$ вно-

вновь осуществляется расчет сжатия нерастворенного воздуха.

УДК 628.147:628.882:557.4

Л.Б. Бекешева

Московский государственный университет природообустройства

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ КАК МЕТОД СИНТЕЗА ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

На практике достаточно часто встречаются задачи выбора параметров сложной системы, доставляющих оптимальное значение целевой функции (показателя эффективности функционирования системы). Такие задачи обычно сводятся к схеме математического программирования (линейного или нелинейного). Целевая функция и функции, описывающие ограничения, накладываемые на параметры системы, могут задаваться в произвольном виде: аналитическими выражениями, таблицами, моделирующими алгоритмами, полученными в ходе имитационного моделирования.

Оптимизация системы подачи и распределения воды (СПРВ) осложняется тем, что на участках могут быть уложены лишь трубы стандартного диаметра, а многие требования к системе плохо формализованы.

Универсальным методом оптимизации СПРВ мог бы быть полный перебор возможных диаметров труб для каждого участка. Однако, например, для сети из 50 участков и 5 сортаментов труб для каж-

Вывод

Разработанные дополнения к программе для расчета переходных процессов при наличии в транспортируемой по напорным трубопроводам значительного количества нерастворенного в воде воздуха дают возможность учитывать:

- изменение величины скорости распространения волн в трубопроводах;
- смягчающее действие нерастворенного воздуха на величину повышения деления.

Список литературы

1. Алышев В.М., Зубкова И.Г. Анализ формул для определения скорости распространения волны мгновенного гидравлического удара в двухфазном газожидкостном потоке // Гидравлика: сб. науч. тр. — М.: Московский гидромелиоративный институт, 1969. — С. 245–268.
2. Чарный И.А. Неустановившееся движение реальной жидкости в трубах. — М.: Недра, 1975. — 296 с.
3. Дикаревский В.С. Скорости распространения волн гидравлического удара в водоводах // Водоснабжение и санитарная техника. — 1967. — № 2. — С. 17–19.
4. Картвелишвили Л.Н. Гидравлический удар: пути развития теории и принципы расчета. — М.: ЗАО «МЭЙН», 2001. — 32 с.

дого участка число вариантов перебора составляет $5^{50} \approx 10^{35}$, что совершенно не реально. Если же перебор всех вариантов за разумное время возможен, то найденное решение будет оптимальным.

Кроме того, для оптимизации кольцевых сетей необходимо оптимизировать потокораспределение. Однако, учитывая дополнительные условия, накладываемые на систему, можно получить решение, близкое к оптимальному.

В последнее время появился ряд принципиально новых алгоритмов оптимизации, подсмотренных у самой природы. К ним относятся генетические алгоритмы и нейронные сети.

По эволюционной теории каждый биологический объект развивается и изменяется с целью наилучшего приспособления к окружающей среде, что в определенном смысле является процессом оптимизации живых организмов.

Наиболее приспособленные особи получают возможность воспроизводить потомство с помощью перекрестного скрещивания — кроссвера