Записки Санкт-Петербургского горного института им.Г.В.Плеханова.
Том 141. СПб, 1995

УДК 622.648:681.3

В.И.АЛЕКСАНДРОВ, В.П.ДОКУКИН, А.А.КУЛЕШОВ

РАСЧЕТ СИСТЕМ ГИДРОТРАНСПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ

В процессе проектирования систем гидротранспорта приходится выполнять большой объем расчетов, обусловленных необходимостью анализа различных вариантов компоновки схемы, определения параметров потока смеси, экономических показателей и пр. Этот объем работы может быть достаточно быстро выполнен с помощью ЭВМ. Однако это требует разработки ряда программ, из которых должен быть сформирован пакет программ, позволяющий решать различные задачи при проектировании, эксплуатации и реконструкции гидротранспортных комплексов.

Таким образом, целью создания пакета программ является автоматизация процесса вычислений основных технических и экономических показателей системы гидротранспорта руды и продуктов ее переработки. Для реализации этой цели необходимо определить круг параметров, рассчитываемых с помощью пакета, отобрать методики для расчетов и установить работоспособность пакета путем выполнения сравнительных расчетов.

Отличительной особенностью пакета является однородность используемых данных для всех составляющих его программ и разработка системы связей между отдельными программами. Параметры, необходимые для проектирования, можно объединить в три группы: гидравлические параметры потока гидросмеси, технические параметры гидротранспортной установки и экономические показатели системы гидротранспорта в целом.

К техническим относятся следующие: производительность системы по твердому, расстояние транспортирования и геодезический перепад высоты начала и конца трубопровода, диаметр трубопровода и высота слоя заиления, суммарный напор и мощность приводных насосов, количество перекачных станций.

К гидравлическим параметрам относятся: средневзвешенная крупность и плотность материала, плотность и концентрация гидросмеси, расход, критическая и рабочая скорости, удельные потери напора.

Экономические параметры – стоимость труб и строительно-монтажных работ по линейной части системы гидротранспорта, стоимость насосных станций, заработная плата обслуживающего персонала, амортизационные отчисления и другие стоимостные характеристики.

Часть перечисленных параметров должна быть использована в качестве исходных данных (табл.I), другие могут быть получены после выполнения расчетов (табл.2).

Таблица 1

Входные параметры

Исходные данные	Размерность	Обозначение	Идентификатор
Производительность по твердому	т/ч	$Q_{тв}$	$Q_т$
Расстояние транспортирования	м	$L_{тр}$	$L_т$
Плотность твердого материала	т/м^3	$\rho_{тв}$	ROT
Концентрация гидросмеси	доли	S	S
Перепад высот между началом и концом трубопровода (при опускании вниз указать знак "-")	м	$h_т$	Z
Высота всасывания (высота между верхом улиты насоса и уровнем пульпы в зумпфе)	м	$h_{вс}$	ZV
Рекомендуемый метод гидравлического расчета (если метод не задается, то указать латинским шрифтом НЕТ, иначе заказать Р-59 или KIEV	-	-	MET
Необходимость экономических расчетов (если расчет не нужен, то указать НЕТ, иначе РАСС)	-	-	EKO
Состояние труб (новые - 0, корродированные - 1)	-	-	L
Число классов гранулометрического состава твердого материала	-	n	N
Крупность различных классов	м	d_i	DM
Содержание различных классов	%	p_i	PM
Количество насосов в насосной станции	шт.	$n_{нас}$	AN
Количество насосных станций	шт.	$n_{н.ст}$	ANS
Название предприятия (русский шрифт)	-	-	-

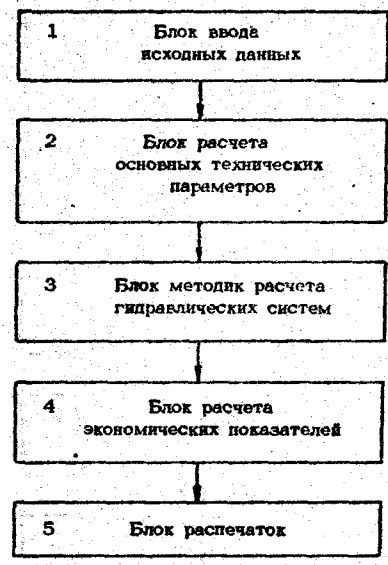
Пакет прикладных программ организационно включает в себя ряд блоков, осуществляющих ввод данных, расчет заказанных параметров, связь между программами и их единицами и вывод результатов расчета. На данном этапе разработки предусмотрен расчет только гидравлических, технических и экономических показателей. Причем экономические расчеты носят приближенный характер, так как на первом этапе проектирования необходимо установить только область оптимума, т.е. детальный экономический расчет еще не требуется. В дальнейшем совершенствование пакета и расширение его возможностей должно направляться по пути формирования базы данных (таблицы параметров оборудования, схемы установок, типовые проектные решения, стоимостные данные и т.д.), увеличения количества методов расчета и устанавливаемых параметров, разработки методов сметных расчетов, методов статистического анализа. Все это позволит создать САПР - гидротранспорт.

Таблица 2

Входные параметры после расчетов

Параметр	Размерность	Обозначение
Гидравлический расчет		
Расход гидросмеси	$м^3/ч$	$Q_п$
Внутренний диаметр трубы	м	$D_{вн}$
Высота слоя заиления	м	$h_з$
Плотность гидросмеси	$т/м^3$	$\rho_п$
Критическая скорость потока	м/с	$V_{кр}$
Рабочая скорость потока	м/с	$V_р$
Удельные сопротивления	кПа/м	$I_п$
Суммарный напор в трубопроводе	кПа	H_Σ
Суммарная расходуемая мощность	кВт	N_Σ
Экономический расчет		
Стандартный наружный диаметр трубопровода	м	$D_{ст}$
Металлоемкость трассы трубопровода (рабочего и резервного)	т	G
Стоимость трубопровода (включая стоимость отведенных под трассу земель)	руб.	$K_{лч}$
Стоимость аварийного пруда	руб.	$K_{хр}$
Стоимость насосной станции	руб.	$K_{нс}$
Общие капитальные вложения (на линейную часть и насосные станции)	руб.	K
Стоимость обслуживания трубопровода	руб./год	$E_{лч}$
Стоимость обслуживания насосных станций	руб./год	$E_{нс}$
Стоимость электроэнергии	руб./год	$P_э$
Общие эксплуатационные расходы	руб./год	E
Приведенные затраты на гидротранспортную систему	руб.	П

Состав пакета программ (см. рисунок) включает в себя следующие блоки. Блок I ввода исходных данных подготавливает исходные данные к использованию, организует набор расчетов и их последовательность, входит в состав программы DKK. Блок 2 организовывает прохождение различных участков пакета, формирует выходные таблицы (шапки таблиц) и выводит на печать результаты расчетов. Имя для вызова DKPIN. Блок 3 позволяет установить расход гидросмеси, внутренний диаметр и стандартный диаметр трубопровода, высоту слоя заиления, суммарный напор и мощность приводных насосов; входит в состав программы DKPAR. Блок 4 вызывает одну из подпрограмм, содержащих методики расчета критической скорости и удельных потерь напора. Как известно, отходы обогащения относятся к тонкодисперсным материалам, средневзвешенная крупность которых менее 0,15 мм. Для гидравлических расчетов таких смесей общепризнано использование методик, описанных в Инструкции



Состав пакета программ расчета гидротранспортной системы

по гидравлическому расчету систем напорного гидротранспорта грунтов (П-59-72) (Механобр, Л., 1972) и в Руководстве по проектированию систем гидротранспорта продуктов обогащения цветной металлургии (Механобр. Л., 1986). Использование одной из этих методик возможно при задании в потоке входных данных имени P-59 или KIEV соответственно. При транспортировании руды крупностью до 3 мм используется методика проф. А.П.Юфина, а крупностью более 3 мм – методика проф. В.В.Трайниса. Вызов этих методик обеспечивается указанием во входном потоке данных имени НЕТ. Выбор методики производится по значению крупности материала. Блок входит в состав программы DKPAR.

Блок 5 выполняет расчет экономических показателей гидротранспортной системы. Заказ на выполнение этих расчетов осуществляется указанием во входном потоке данных имени РАСС. Определение экономических показателей производится в соответствии с методикой, изложенной в методических указаниях "Технико-экономический анализ систем трубопроводного транспорта" (ЛГИ, 1987). Блок также входит в состав программы DKPAR.

Пакет программ составлен на фортране и предназначен для использования на машинах типа ЭВМ ЕС-1035. В институте имеется версия, подготовленная для использования на персональных компьютерах типа IBM PC AT.

Для начала работы с пакетом на экран монитора вызывается программа DKK, в состав которой входят управляющие карты и исходные данные. Эта программа с примерным перечнем исходных данных приведена ниже:

```
// DKK, JOB17, DOC OOKIEN; MSGLEVEL=(2.0); CLASS=F, MSGCLASS=B
// EXEC FORTGLG, PARM. FORT=NOSOURCE, C=J, Q = 1000
// FORT. SYSIN DD DSN=LGI. MAIN (OKPIN), OISP=SHR
//          DD DSN=LGI. MAIN (ORPIN), OISP=SHR
//          DD DSN=USER. PROCLIB (DKKIEV) DISP=SHR
//          DD DSN=LGI. MAIN (DKP59), DISP = SHR
//          DD DSN=LGI. MAIN (DKKIEVOP), DISP = SHR
// FORT. SYSPRINT DD DUMMY
// LKED. SYSPRINT DD DUMMY
```

```
// GO,  SYSPRINT  DD  SYSOUT = A, OUTLIM = 1000
// GO. SYSIN  DD*
      550        M 3000     2,8     0,13     69      2,0
 P = 59       HET    4     I
    0,00050     0,000105   0,00024   0,00030     0  0  0  0
       62         16,8       18,7      2,5       0  0  0  0
        3.          1.         22.       8.
```

Тырныаузский ГМК

Входные данные расположены в порядке, соответствующем указанному в табл.I по формату I0,4 (т.е. I0 позиций для каждого параметра) для первых шести параметров (строка I); во второй строке число позиций для параметров с 7 по I0: 4, 4, 2, 2; в третьей строке 8 полей по 9 позиций для классов крупности частиц (параметр II); в четвертой - то же для процентного содержания классов (параметр I2); в пятой строке - четыре поля по I0 позиций для параметров с I3 по I6; в шестой строке помещается название предприятия, поле которого занимает 20 позиций.

Для задания метода гидравлического расчета во второй строке потока входных данных указывается одно из следующих имен: P-59, KIEV, HET.

Серия расчетов параметров системы с изменением значения объемной концентрации гидросмеси от 0,03 до 0,32 производится при указании входного значения концентрации (четвертое поле первой строки) равным нулю.

Для проверки работоспособности пакета выполнена серия расчетов по данным, полученным ранее и представленным в научных отчетах лаборатории гидротранспорта Санкт-Петербургского горного института.

Вначале была произведена сверка результатог расчетов вручную и с помощью пакета по следующим исходным данным: производительность по твердому 730 т/ч; длина трассы 9000 м; плотность твердого 2,2 т/м^3; концентрация 0,I5; геодезическая высота между началом и концом трубопровода I2 м; средняя крупность, заданная грансоставом, 0,53 мм. Результаты приведены в табл.3.

Сравнение результатов подтверждает правильность работы пакета программ. Некоторое отличие вызвано тем, что при ручном счете было принято нестандартное значение внутреннего диаметра трубопровода (0,5 м), в то время как в программе предусмотрен подбор стандартных значений диаметров труб и их использование в расчетах. Сравнение результатов различных параметров гидротранспорта для некоторых комбинатов и опытных данных также подтверждает правильность работы пакета программ.

Анализ экономических показателей позволяет установить вариант с наименьшими приведенными затратами. Следует отметить, что из-за наличия в гид-

Таблица 3

Результаты расчетов вручную и с помощью пакета на ЭВМ

Показатели	Вручную	На ЭВМ
Расход гидросмеси, $м^3/ч$	2200	2212
Диаметр трубопровода, м	0,5	0,478
Плотность смеси, $т/м^3$	1,18	1,18
Критическая скорость, м/с	3,32	3,31
Рабочая скорость, м/с	3,32	3,43
Удельные сопротивления, кПа/м	0,231	0,251
Суммарный напор, кПа/м	2350	2533
Суммарная мощность, кВт	2266	2456
Металлоемкость трубопровода, т	1390	1360
Стоимость трубопровода, тыс.руб.[x]	1004	1023
Стоимость насосной станции, тыс.руб.	1680	1735
Капитальные вложения, тыс.руб.	2750	2760
Стоимость электроэнергии, тыс.руб./год	317,6	379,0
Эксплуатационные расходы, тыс.руб./год	970,0	975,0
Приведенные затраты, тыс.руб./год	1382,5	1388,5

[x] Данные 1991 г.

росмеси большего содержания тонких классов твердого (-0,074 мм до 60 %) поток смеси склонен к образованию реологических структур при достижении концентрации более 0,25-0,27. Поэтому оптимальные значения параметров гидротранспортной системы рекомендуется определять при концентрации менее 0,25. При необходимости более подробного анализа области оптимума в программе можно уменьшить шаг изменения концентрации гидросмеси и диапазон ее колебания.

Таким образом, пакет программ в настоящее время позволяет: определить гидравлические параметры потока гидросмеси; выбрать оптимальный диаметр трубопровода гидротранспортной системы; рассчитать приближенные значения экономических показателей.