



УДК 627.785:621.001.24

**Н.Н. Арефьев**, д.т.н., доцент, профессор кафедры ЭСЭУ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

**С.М. Кузнецов**, аспирант кафедры ЭСЭУ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

## УТОЧНЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА МНОГОСТРУЙНОГО ЭЖЕКТОРА КОНСТРУКЦИИ ПРОФ. С.П. ОГОРОДНИКОВА

*Ключевые слова:* дноуглубление, гидромеханизация, земснаряд, эжектор.

*В статье приведена уточненная методика расчета многоструйного эжектора конструкции проф. С.П. Огородникова, которая в результате многовариантного расчета дает возможность определения оптимальных параметров насоса, подающего воду на эжекцию, и насадков для образования эжектирующих струй.*

Эффективность капитального дноуглубления и добычи НСМ со дна водоемов землесосными снарядами повышается с применением погружных грунтовых насосов, установленных на всасывающей линии. Это обусловлено повышением концентрации забираемой водогрунтовой смеси. В качестве погружных грунтовых насосов применяются центробежные [1], осевые [2] и эжекторные насосы [3]. Недостаток эжекторных насосов заключается в низком к.п.д., но они обладают и несомненными достоинствами: простота конструкции, отсутствие движущихся частей, возможность работы при завалах грунтоприемника из-за обвалов откосов грунта. Поэтому, несмотря на низкую энергетическую эффективность, эжекторные насосы до сих пор находят достаточно широкое применение на землесосных снарядах.

Эжекторные насосы изготавливают с центральным или кольцевым периферийным соплами [3]. Огородников С.П. предложил новую конструкцию с насадками, расположенными по периферии трубы – многоструйный эжектор [4]. Эжектор проф. Огородникова С.П. отличается простотой изготовления и эксплуатации, а также более высокой эффективностью. Схема многоструйного эжектора приведена на рис. 1, где 1 – корпус эжектора; 2 – патрубок подвода эжектирующей жидкости; 3 – насадки эжектирующей жидкости; 4 – патрубок подвода водогрунтовой смеси; 5 – камера смешения; 6 – патрубок отвода водогрунтовой смеси после смешения; 7 – подвод водогрунтовой смеси от грунтоприемника до смешения; 8 – подвод эжектирующей жидкости через насадки в камеру смешения; 9 – отвод водогрунтовой смеси после смешения к основному грунтовому насосу.

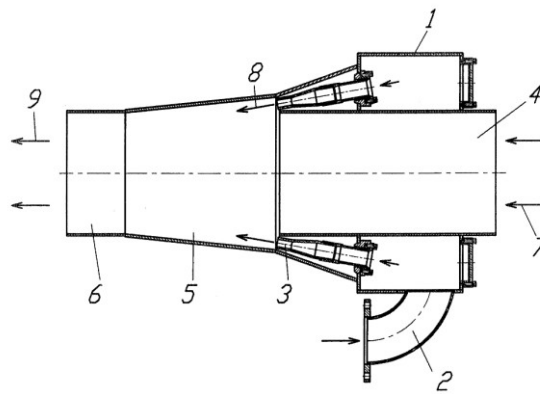


Рис. 1. Схема многоструйного эжектора

Устройство работает следующим образом. Вода на эжекцию подается от специального насоса (на рисунке не показан) по патрубку 2 в корпус 1. Из корпуса 1 вода поступает в насадки 3, где происходит преобразование энергии напора воды в кинетическую энергию, в результате чего скорость истечения воды из насадок приобретает высокое значение. Струи 8 эжектирующей воды, истекающие из насадок 3, перемешиваются с водогрунтовой смесью 7, поступающей от грунтоприемника, и передают ей часть своей энергии, которая в дальнейшем преобразуется в увеличение напора водогрунтовой смеси 9 – напор эжектора.

Методика расчета параметров многоструйного эжектора разработана на основании исследований, проведенных проф., д.т.н. С. П. Огородниковым [4].

Эжектор может создавать подпор  $\Delta H$ , м.в.ст., определяемый по формуле [4]:

$$\Delta H = \frac{Q_1^2}{gF_2^2} \left( \frac{F_2}{F_1} \frac{\rho_1}{\rho_2} \cos \alpha \cdot \frac{Q_2}{Q_1} - \right), \quad (1)$$

где  $Q_1$  – расход эжектирующей жидкости (расход через насадки 8), м<sup>3</sup>/с;

$Q_2$  – расход водогрунтовой смеси до смешения (в патрубке 4), м<sup>3</sup>/с;

$\rho_1$  – относительная плотность эжектирующей жидкости (для воды равна 1);

$\rho_2$  – относительная плотность водогрунтовой смеси до смешения (отношение плотности водогрунтовой смеси в патрубке 4 к плотности воды);

$F_1$  – площадь поперечного сечения подвода эжектирующей жидкости (суммарная площадь поперечных сечений насадок 8), м<sup>2</sup>;

$F_2$  – площадь поперечного сечения подвода водогрунтовой смеси до смешения (площадь сечения патрубка 4), м<sup>2</sup>;

$\alpha$  – угол наклона оси подводящего устройства эжектирующей жидкости к оси трубопровода подвода водогрунтовой смеси (угол наклона осей насадок 3 к оси патрубка 4).

Необходимое значение подпора  $\Delta H$  эжекторного насоса определяется из расчета потерь напора во всасывающем трубопроводе грунтонасосной установки землесосного снаряда по известным методикам.

Условный к.п.д. эжектора  $\eta_{усл}$  в [4] предлагается определять по формуле:

$$\eta_{усл} = \frac{\Delta H}{V_1^2} \frac{F_2 V_2}{F_1 V_1}, \quad (2)$$

где  $V_1$  – скорость истечения эжектирующей жидкости (скорость истечения жидкости из насадок 8), м/с;

$V_2$  – скорость потока во всасывающем трубопроводе (скорость водогрунтовой смеси в патрубке 4), м/с.

Площадь сечения всасывающего трубопровода  $F_2$ , м<sup>2</sup>, определяется по известному выражению

$$F_2 = \frac{\tau_{ec}^2}{4}, \quad (3)$$

где  $D_{ec}$  – диаметр всасывающего трубопровода (патрубка 4 на рис. 1), м.

Скорость потока во всасывающем трубопроводе  $V_2$  определяется по известному выражению, м/с

$$V_2 = \frac{Q_2}{F_2}. \quad (4)$$

Из уравнения (1) определим соотношение площадей  $f$

$$f = \frac{F_2}{F_1} = \frac{\Delta H \frac{gF_2^2}{Q_1^2} + \frac{Q_2}{Q_1}}{\frac{\rho_1}{\rho_2} \cos \alpha}. \quad (5)$$

Из (5) получим

$$F_1 = \frac{F_2}{f}. \quad (6)$$

Из (6) получим

$$V_1 = \frac{Q_1}{F_1}. \quad (7)$$

Напор  $H_1$  эжектирующей жидкости перед устройством ее подачи в эжектор (в корпусе 1 перед насадками) можно определить по выражению

$$H_1 = \frac{Q_1}{\mu_1} \sqrt{2g}, \quad (8)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода.

Потребный напор насоса  $H_n$ , подающего воду на эжекцию, можно определить с учетом потерь в трубопроводе, м

$$H_n = H_1 + h_{ном}, \quad (9)$$

где  $h_{ном}$  – потери напора от места установки насоса до эжектора, м.

По рассчитанным  $Q_1$  и  $H_n$  подбирается действующий насос с параметрами  $Q_d$ ,  $H_d$ , наиболее близкими к расчетным значениям, и потребляемой мощностью  $N_d$ .

Условную относительную плотность водогрунтовой смеси после смешения  $\rho_3$  (отношение плотности водогрунтовой смеси после смешения в патрубке 6 к плотности воды) можно определить по выражению

$$\rho_3 = \frac{\rho_1 Q_1 + \rho_2 Q_2}{Q_1 + Q_2}, \quad (10)$$

Условную производительность по грунту  $Q_{zp}$  (для песка) можно определить по известной формуле

$$Q_{zp} = 1,93(Q_1 + Q_2)(\rho_3 - \rho_w), \quad (11)$$

Мощность  $N_n$  условного насоса на подачу эжектирующей жидкости можно определить по формуле, кВт

$$N_n = \frac{\rho_1 Q_1 g H_n}{\eta_n}, \quad (12)$$

где  $\eta_n$  – к.п.д. насоса.

Условные удельные затраты энергии  $\delta N_{\text{усл.}}$  эжектора на добычу грунта можно определить по формуле, кВт·с/м<sup>3</sup>

$$\delta N_{\text{усл.}} = \frac{N_n}{Q_{\text{гр}}} \quad (13)$$

Показатель  $\delta N_{\text{усл.}}$  является в данном случае истинным показателем эффективности эжектора, так как он характеризует затраты мощности эжектора на добычу грунта. В то же время условный к.п.д. эжектора, определяемый по формуле (2), не является показателем эффективности добычи грунта. Поэтому, анализируя различные варианты эжектора, по нашему мнению, следует оценивать эффективность эжектора по показателю  $\delta N_{\text{усл.}}$ .

Предполагаемую мощность  $N_{\text{э.дв.}}$  электродвигателя насоса, подающего эжектирующую жидкость, можно оценить по формуле, кВт

$$N_{\text{э.дв.}} = \frac{N_n}{k_{\text{зан.}}}, \quad (14)$$

где  $k_{\text{зан.}}$  – коэффициент запаса.

Расчет ведется по вышеприведенной методике для нескольких значений отношения  $Q_2/Q_1$ . К исполнению принимается оптимальный вариант с учетом наименьшего значения показателя  $\delta N_{\text{усл.}}$ .

### Список литературы:

- [1]. Жарницкий Е.П. Землесосные снаряды с погружными грунтовыми насосами. М.: Недра, 1988. - 237 с.
- [2]. Арефьев Н.Н., Яковлев С.Г. Результаты исследований модели осевого насоса со шнековым рабочим колесом и гидродинамическим уплотнением. // Научн.тр. / ГИИВТ. 1988. Вып. 231. С 137.
- [3]. Леванов Н.И., Ялтанец И.М., Мельников И.Т., Дятлов В.М. Рабочие параметры грунтозаборных устройств плавучих землесосных снарядов и их конструктивные особенности. М.: Изд-во МГГУ. 2005. – 235 с.
- [4]. Огородников С.П. Инжектирование на землесосных снарядах. М.: Госстройиздат, 1962. – 98 с.

## REFINED METHODOLOGY FOR CALCULATING A MULTIJET EJECTOR CONSTRUCTED BY PROF. S.P. OGORODNIKOV

Arefyev N.N., Kuznetsov S. M.

*Key words: dredging, hydromechanization, dredge, ejector.*

*The article gives an improved method for calculating the multijet ejector of prof. S.P. Ogorodnikov, multivariate calculation makes possible to determine the optimum parameters of a pump that supplies water for ejection and nozzles which forming ejecting jets.*