

УДК 621.695

ОСОБЕННОСТИ БЕЗРАЗМЕРНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭРЛИФТА

Логвинов Н.Г. док. тех. наук, проф.,

Стегниенко А.П. канд. тех. наук, доц.,

Надеев Е. И. инж., Логвинова Е.Н. инж.,

Донецкий государственный технический университет

Установлены ориентировочные границы изменения кинематической структуры двухфазного потока в эрлифте в зависимости от удельного расхода сжатого воздуха.

In the article obtained approximated limits of change of the kinematical structure of the doublecomponent stream in airlift depending on relative quantity of the compressed air.

Расходные характеристики промышленных эрлифтов имеют плавающий характер и являются функциями глубины погружения и расхода сжатого воздуха. В безразмерных координатах “подача $\bar{Q}_Э = Q_Э / Q_{Э.ОПТ}$ эрлифта - расход $\bar{Q}_В = Q_В / Q_{В.ОПТ}$ сжатого воздуха” (в качестве базисных величин приняты подача $Q_{Э.ОПТ}$ эрлифта и расход $Q_{В.ОПТ}$ сжатого воздуха на оптимальном режиме), несмотря на плавающий характер, графики всех расходных характеристик сливаются в одну безразмерную характеристику, которая может быть представлена дугой окружности [1,2] радиусом $\rho = \sqrt{2}$ и центром с координатами $Q_Э = 0, Q_В = 2$ (см. рис.1).

Используя полярную систему координат (ось $Q_В$ является полярной осью, полюс на этой оси – точка $Q_В = 2$, полярный радиус – отрезок $\rho = \sqrt{2}$), имеем

$$Q_Э = \rho * \sin \varphi \quad (1)$$

$$Q_В = 2 + \rho * \cos \varphi \quad (2)$$

и, следовательно, с учетом (1) и (2) зависимость $\bar{Q} = f(\bar{Q}_В)$ приобретает вид:

$$\bar{Q}_Э^2 + (\bar{Q}_B - 2)^2 = \bar{\rho}^2 = 2$$

или
$$\bar{Q}_Э = \sqrt{2 - (\bar{Q}_B - 2)^2}. \quad (3)$$

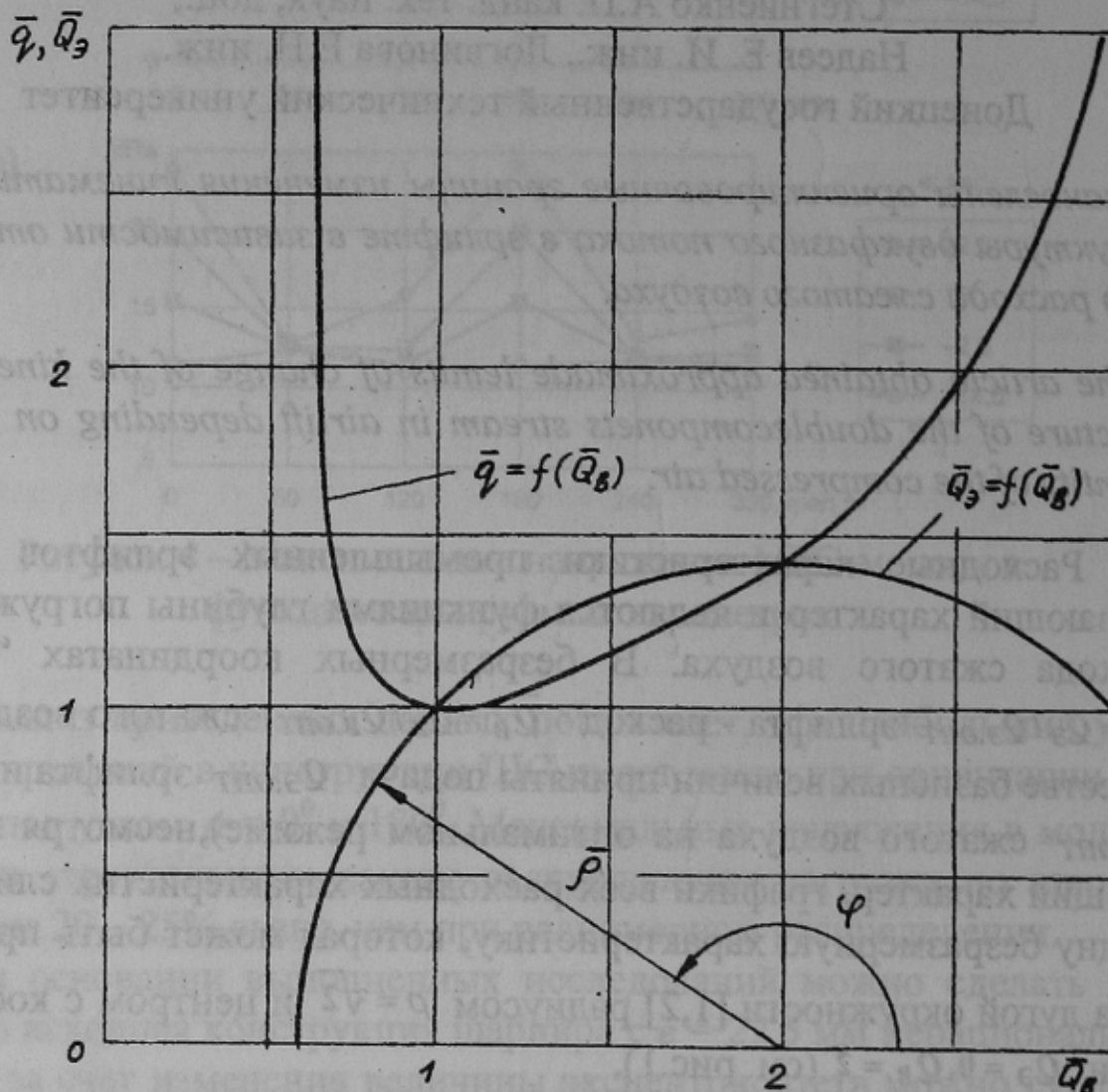


Рисунок 1 - Характеристики эрлифта в безразмерных координатах

Начальный участок безразмерной расходной характеристики эрлифта имеет жесткий восходящий характер. Режимы работы эрлифта, соответствующие этому участку, сопровождаются интенсивными разрывными автоколебаниями, относятся к релаксационным, имеют весьма малый запас устойчивости, что осложняет на практике регистрацию параметров движения, тепломассообмена и других особенностей движения транспортируемой среды, подвода и потребления энергоносителя.

Оптимальному режиму соответствует точка безразмерной расходной характеристики с координатами $\bar{Q}_{Э.ОПТ} = 1, \bar{Q}_{В.ОПТ} = 1$. Работа эрлифта на этом режиме также сопровождается автоколебательными процессами, однако их самовозбуждение имеет мягкий характер. Свойство геометрической симметрии безразмерной расходной характеристики (осью симметрии является прямая ($\bar{Q}_B = 2$)) может использоваться для приближенного построения кривой КПД подъемной трубы. Например, симметрично оптимальному режиму на нисходящей ветви характеристики расположена точка с координатами $\bar{Q}_Э = 1, \bar{Q}_B = 3$. Это означает, что при одинаковой относительной подаче эрлифта расход воздуха на этой ветви в три раза превышает расход воздуха на восходящей ветви, а, следовательно, в три раза уменьшается и КПД этого режима.

Представляет теоретический и практический интерес кривая (см. рис.1) относительного удельного расхода сжатого воздуха $\bar{q} = f(\bar{Q}_B)$. Для данной кривой получаем следующие соотношения:

$$\bar{q} = \frac{\bar{Q}_B}{\bar{Q}_Э} = \frac{\bar{Q}_B}{\sqrt{2 - (\bar{Q}_B - 2)^2}}$$

или с учетом (1) и (2)

$$\bar{q} = \frac{2 - \bar{\rho} * \cos \varphi}{\bar{\rho} * \sin \varphi} = \frac{\sqrt{2} + \cos \varphi}{\sin \varphi}$$

Особенности конфигурации кривой $\bar{q} = f(\bar{Q}_B)$ состоят в следующем. При медленном изменении расхода подводимого к смесителю воздуха в пределах от 0 до $0.59 \bar{Q}_{В.ОПТ}$ наблюдается барботажный режим, сопровождаемый колебаниями уровня выше отметки геометрической глубины погружения. При этом, чем больше расход воздуха через смеситель, тем больше размах колебаний и тем выше достигаемый верхний уровень отметки газожидкостной среды.

При $\bar{Q}_B = 0.59 * \bar{Q}_{В.ОПТ}$ уровень среды достигает верхнего среза подъемной трубы. В подъемной трубе, изготовленной из прозрачного материала, наблюдается размазывание жидкости по внутренней поверхности трубы с одновременным стеканием и подъемом среды в пристенном слое.

Процесс движения среды сопровождается колебаниями уровня, которые имеют неустойчивый и разрывный характер. При $\bar{Q}_B > 0.59 * \bar{Q}_{B.ОПТ}$ начинается излив транспортируемой среды на верхнем срезе подъемной трубы. Излив - также носит разрывный характер. При дальнейшем изменении безразмерного расхода воздуха ориентировочно в пределах $\bar{Q}_B = 0.7...1.3$ радиус кривизны кривой $\bar{q} = f(\bar{Q}_B)$ резко уменьшается. Колебания расхода и давления газожидкостной среды из релаксационных переходят в томпсоновские, т.е. резкоизменяющиеся колебания переходят в близкие к гармоническим. Излив среды из разрывного переходит в непрерывный и пульсирующий. Структура потока среды в подъемной трубе снарядная. Отдельные «воздушные снаряды» разделены жидкостными перегородками.

Затем при дальнейшем изменении расхода сжатого воздуха примерно в пределах $\bar{Q}_B = 1.3...2.0$ колебания расхода давления в смесителе и в примыкающих к нему трубопроводах продолжают оставаться близкими к гармоническим. На участке кривой $\bar{q} = f(\bar{Q}_B)$, соответствующем $\bar{Q}_B = 2.0...2.7$, устанавливается двухфазное кольцевое течение, а на участке $\bar{Q}_B > 2.7$, устанавливается пылегазовый режим.

Отмеченные выше границы изменения расхода задаваемого расхода воздуха через смеситель эрлифта, в которых происходит изменение кинематической структуры газожидкостного потока, носят ориентировочный характер. Эти результаты получены путем сопоставительного анализа визуальных наблюдений водо-воздушных потоков в прозрачных трубах эрлифта лабораторного и полупромышленного типов и изменения монотонности течения безразмерной кривой удельного расхода воздуха $\bar{q} = f(\bar{Q}_B)$, в частности изменения радиуса кривизны на отдельных участках этой кривой. Выводы об уточненных границах кинематических структур требуют более детальной экспериментальной проверки.

Список источников:

1. Гейер В.Г., Логвинов Н.Г. О свойствах безразмерных характеристик эрлифтов // Разраб. месторожд. полезн. ископ. Киев.: 1973 - Вып. 31. - с. 51-56.
2. Гейер В.Г., Логвинов Н.Г. Математическое описание безразмерных характеристик эрлифтов // Разраб. месторожд. полезн. ископ. Киев.: 1972. - Вып. 29. - с. 119-127.