

Элеваторные узлы и методика их расчета

Приходько Себастьян Николаевич

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью данного исследования является проведение и анализ расчетов элеваторного узла. Используются поисковые, аналитические и сравнительные методы исследования. В результате были проведены расчеты элеваторного узла и проанализированы полученные результаты.

Ключевые слова: строительство, расчет, элеваторный узел, методика, надежность, давление, скорость, коэффициент.

Elevator units and methods of their calculation

Prikhodko Sebastian Nikolayevich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this study is to carry out and analyze calculations of the elevator unit. Search, analytical and comparative research methods were used. As a result, calculations of the elevator unit were carried out and the results obtained were analyzed.

Keywords: construction, calculation, elevator unit, methodology, reliability, pressure, speed, coefficient.

1. Введение

Элеваторные узлы являются неотъемлемой частью многих инженерных систем, включая отопительные, вентиляционные и другие технологии, где требуется перемешивание и регулирование потоков теплоносителей (рис. 1). Несмотря на постоянное развитие новых технологий и методов подключения систем отопления, использование элеваторных узлов сохраняет свою актуальность. Это объясняется их высокой надежностью, простотой в эксплуатации и способности эффективно управлять распределением тепла, особенно в крупных или сложных инженерных сетях.



Рисунок 1. Элеваторный узел

В статьях Е.А. Новоселовой, Ю.И. Савинцевой, Е.В. Сенаторовой, Д.И. Потеряхина, Т.В. Шипуновой и С.В. Вологодина описаны методики расчета элеваторного узла и рассматривается влияние коэффициентов на полученные результаты [1, 2]. В публикациях М.Ю. Бородкина и В.В. Рудольфа рассмотрен принцип работы и его эффективность в системе отопления элеваторного узла [3, 4]. В работе Е.В. Поповой, И.И. Карпухиной, Е.К Сафоновой посвящена совершенствованию конструкции элеваторных узлов [5].

Целью исследования является проведение и анализ расчетов элеваторного узла.

В работе были проведены расчеты элеваторного узла и проанализированы полученные результаты.

2. Тенденции в развитии систем отопления

В последние годы все большее внимание уделяется независимым схемам присоединения, которые обеспечивают большую гибкость и энергоэффективность. Например, в условиях многоквартирных домов или зданий с индивидуальным отоплением использование независимых систем позволяет не только снизить тепловые потери, но и повысить автономность, что в свою очередь способствует экономии энергии. Несмотря на эти преимущества, элеваторные узлы все еще остаются востребованными в случаях, когда необходимо обеспечить стабильное и равномерное распределение теплоносителя в крупных или централизованных системах отопления.

3. Расчетные методы и проектирование

На практике проектирование и расчет таких узлов требует использования сложных математических моделей и специализированных инструментов. Среди таких инструментов следует отметить аппарат, разработанный профессором Соколовым Е.Я., который стал основой для

множества расчетных методов, применяемых при проектировании элеваторных узлов. Эти методы основываются на глубоком анализе гидравлических процессов, происходящих в системах, где элеваторные узлы играют ключевую роль в процессе смешивания теплоносителей.

Важным аспектом проектирования является учет гидравлического сопротивления регулирующих органов. Эти элементы могут существенно влиять на коэффициент смешивания, который, в свою очередь, определяет эффективность работы системы в целом. Небольшие изменения в сопротивлении, например, из-за загрязнения фильтров или износа компонентов системы, могут привести к значительным отклонениям в температурных режимах и, как следствие, ухудшению эффективности отопления.

Особое внимание при проектировании элеваторных узлов следует уделять взаимодействию различных параметров, таких как скорость потока, давление, температура и диаметр трубопроводов. Так, для элеваторов с цилиндрической камерой смешивания (ЦКС) важно точно рассчитать оптимальное расположение выходного среза сопла, поскольку это напрямую влияет на процесс смешивания потоков различных температур.

4. Расчет элеватора

Рассмотрим случай, при котором выходной срез сопла расположен на выходе в камеру смешивания цилиндрической формы (рис.2).

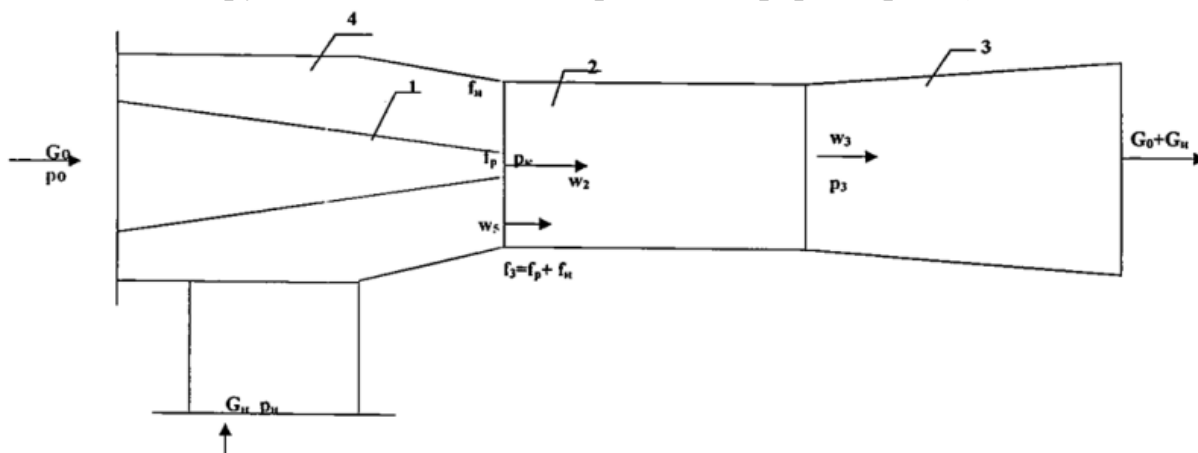


Рисунок 2. Расчетная схема элеватора

Обозначения:

p_0 – давление потока перед соплом

p_n – давление потока в приемной камере

p_k – давление подмешиваемого потока на входе в ЦКС

p_3 – давление потока на выходе из ЦКС

p_c – давление потока на выходе из диффузора

f_p – площадь выходного сечения сопла

f_n – площадь подмешиваемого потока на входе в ЦКС

f_3 – площадь ЦКС

ϕ_1 – коэффициент скорости процессов течения в сопле
 ϕ_2 – коэффициент скорости процессов течения в ЦКС
 ϕ_3 – коэффициент скорости процессов течения в диффузоре
 ϕ_4 – коэффициент скорости процессов течения в приемной камере

G_0 – массовый расход активного потока
 G_n – массовый расход подмешиваемого потока
 $u = G_n / G_0$ – коэффициент смешения

w_2 – скорость активного потока на выходе из сопла
 w_3 – скорость смеси на выходе из ЦКС
 w_5 – скорость подмешиваемого потока на входе в ЦКС

Воспользуемся уравнением сохранения количества движения

$$\phi_2 (G_0 w_2 + G_n w_5) - (G_0 + G_n) w_3 = (p_3 - p_k) f_3$$

Преобразуем

$$\begin{aligned} \phi_2 \left(\frac{1}{f_p} + \frac{u^2}{f_n} \right) - (1+u)^2 \cdot \frac{1}{f_3} &= \frac{(h_2 + h_k - 0.5 \rho w_3^2 \phi_3^2) \rho f_3}{2(h_0 + h_k) \rho f_p^2 \phi_1^2} = \\ &= \frac{\left(\frac{h_2}{h_0} + \frac{h_k}{h_0} \right) f_3}{2 \left(1 + \frac{h_k}{h_0} \right) f_p^2 \phi_1^2} - \frac{(G_0 + G_n)^2 \phi_3^2}{2 G_0^2 f_3} = \frac{\left(\frac{h_2}{h_0} + \frac{h_k}{h_0} \right) f_3}{2 \left(1 + \frac{h_k}{h_0} \right) f_p^2 \phi_1^2} - \frac{(1+u)^2 \phi_3^2}{2 f_3} \end{aligned}$$

Далее найдем зависимость для отношения h_2 к h_0

$$\begin{aligned} \frac{h_2}{h_0} &= -\frac{h_k}{h_0} + \frac{f_p}{f_3} \phi_1^2 \left(1 + \frac{h_k}{h_0} \right) \left\{ 2\phi_2 + 2\phi_2 \frac{f_p}{f_n} u^2 + (\phi_3^2 - 2) \frac{f_p}{f_3} (1+u)^2 \right\} \\ \frac{h_2}{h_0} &\approx \frac{\phi_1^2 \frac{f_p}{f_3} \left\{ 2\phi_2 + \left(2\phi_2 - \frac{1}{\phi_4^2} \frac{f_3}{f_n} \right) \frac{f_p}{f_n} u^2 - (2 - \phi_3^2) \frac{f_p}{f_3} (1+u)^2 \right\}}{\left[1 - \left(\frac{u \phi_1 f_p}{\phi_4 f_n} \right)^2 \right]} \end{aligned}$$

Вместо h_k заменим h_0 числом 0,97. Отношение f_3 к f_n примем равным 1,1.

$$\frac{h_2}{h_0} \approx 1,03 \phi_1^2 \frac{f_p}{f_3} \left\{ 2\phi_2 + 1,1 \left(2\phi_2 - \frac{1}{\phi_4^2} \right) \frac{f_p}{f_n} u^2 - (2 - \phi_3^2) \frac{f_p}{f_3} (1+u)^2 \right\}$$

Теперь коэффициенты 1,03 и 1,1 заменим на 1 и внесем преобразования. В результате получится отношение, которое используется в первом приближении и в том случае, когда сопло значительно удалено от ЦКС.

$$\frac{h_2}{h_0} \approx \phi_1^2 \frac{f_p}{f_3} \left\{ 2\phi_2 + \left(2\phi_2 - \frac{1}{\phi_4^2} \right) \frac{f_p}{f_n} u^2 - (2 - \phi_3^2) \frac{f_p}{f_3} (1+u)^2 \right\}$$

Данная формула является основной режимной характеристикой элеваторных узлов с цилиндрической камерой смешения.

Для конструкции ВТИ используются следующие значения коэффициентов скорости $\phi_1 = 0,95$, $\phi_2 = 0,975$, $\phi_3 = 0,9$, $\phi_4 = 0,925$. Руководствуясь данными значениями, был построен график, отражающий зависимость и отношения диаметров сопла и ЦКС D_p / D_3 от h_2 / h_0 (рис. 3).

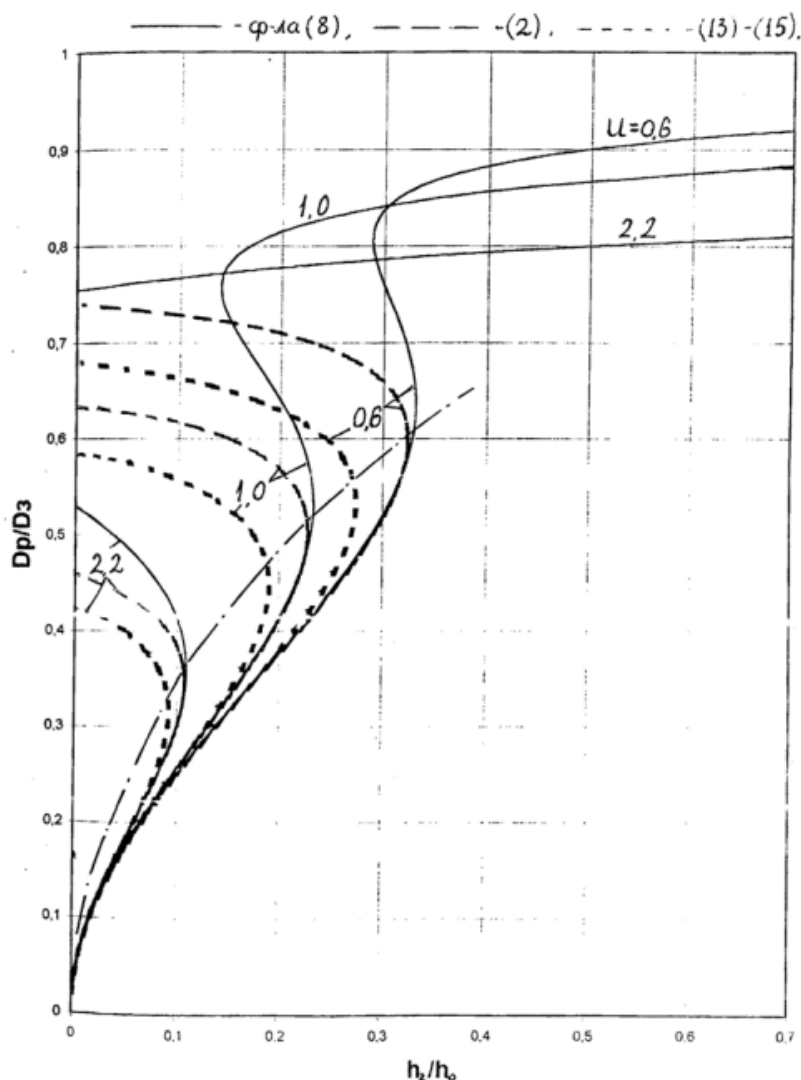


Рисунок 3. График $D_p / D_3(h_2 / h_0)$

Проанализировав график, можно сделать вывод, что при работе на верхней ветви выведенное нам уравнение может давать значительное завышение напора, создаваемого элеваторным узлом.

5. Заключение

Стоит подчеркнуть несколько важных моментов. Рекомендуемые расчетные соотношения для определения напоров, которые создаются элеваторными узлами с цилиндрической камерой смещения, обладают достаточной точностью для оптимальных режимов и нижней части режимной кривой. Однако, для верхней ветви, когда отношения диаметров сопла и камеры высокие, ошибка может быть значительной, особенно при низких значениях коэффициента смещения. Также стоит отметить, что как точные, так и приближенные характеристики режимов работы элеваторных узлов, оказываются неточными для малых значений коэффициента смещения из-за возможного отрыва активной струи от стенок цилиндрической камеры.

Библиографический список

1. Новоселова Е.А., Савинцева Ю.И., Сенаторова Е.В., Потеряхин Д.И., Шипунова Т.В. О методах расчета элеваторных узлов// Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №2. С. 39-42. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25418841>
2. Вологдин С.В. Исследование влияния параметров теплоносителя и элеваторных узлов на температурный режим зданий// В мире научных открытий. 2012. №1. С. 195-208. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17871032>
3. Бородкин М.Ю. Обзор принципов работы, конструкции и применения элеваторных тепловых узлов в современных системах теплоснабжения// Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых. 2023. С. 168-172. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60026176>
4. Рудольф В.В. Эффективность элеваторной установки в системе отопления// Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. 2023. №19. С. 134-136. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54099659>
5. Попова Е.В., Карпухина И.И., Сафонова Е.К. О Совершенствовании конструкции элеваторных узлов системы отопления// Металлургия XXI столетия глазами молодых. 2021. С. 275-276. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47186785>