

Определение потерь давления на трение в стальных и кирпичных газоходах от котлов, работающих на газе

Т.В. Ефремова, В.В. Штервенская

*Институт архитектуры и строительства
Волгоградского государственного технического университета*

Аннотация: Рассмотрен вопрос определения потерь давления на трение в стальных и кирпичных газоходах при выполнении аэродинамического расчета газоходов от котлоагрегатов, работающих на газовом топливе. Разработаны номограммы, позволяющие определять удельные потери давления в зависимости от объема дымовых газов и диаметра газоходов.

Ключевые слова: реконструкция, котлоагрегаты, аэродинамический расчет, потери давления на трение, газоходы.

На сегодняшний день природный газ является самым эффективным видом минерального топлива, экологически и экономически наиболее удобным энергоносителем. В связи с этим растет количество его потребителей. Основными потребителями газа являются отопительные и производственные котельные.

От режима работы котлоагрегата зависит эффективность применения топлива. С течением времени возникает необходимость реконструкции котельной. Реконструкция котельных – комплекс мероприятий, направленных на замену оборудования, исчерпавшего свои ресурсы, устаревшего морально и физически, на новое, технически современное оснащение. Необходимость реконструкции определяется по совокупности сроков эксплуатации и инновациями в теплоснабжении и газоснабжении [1]. Появляется более эффективное оборудование, внедряются автоматические системы. Реконструкция котельной позволяет решить такие задачи, как снижение расходов топлива, повышение производительности оборудования, сокращение затрат на содержание котельной, полная автоматизация работы всех систем котельной и повышение качества теплоснабжения [2,3].

Замена оборудования касается как всего оборудования существующей котельной, так и отдельных элементов, что сказывается на общей стоимости

монтажных работ при реконструкции [4]. Если какие-либо элементы существующей котельной обеспечивали нормальную работу до реконструкции и могут эксплуатироваться достаточно продолжительное время, то целесообразно предусмотреть вариант с включением этих элементов в общую систему производства горячей воды или пара после реконструкции [5]. К таким элементам достаточно часто относят газовый тракт или его составные части (например, дымовую трубу). Остаточный срок эксплуатации дымовой трубы и газоходов определяется на основании технического обследования.

Для определения целесообразности включения существующих элементов газового тракта в новую систему необходимо выполнить аэродинамический расчет, включающий в себя определения потерь давления во всех элементах по пути движения дымовых газов и располагаемого напора, создаваемого дымовой трубой. В настоящее время аэродинамический расчет газового тракта котельных представляет собой достаточно сложную математическую задачу со многими неизвестными [6].

Одним из основных показателей аэродинамического расчета газоходов при движении дымовых газов являются потери давления на трение, $\Delta P_{\text{тр}}$, которые определяются по выражению [7]:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{\lambda l}{d} \cdot \frac{v_{\text{ср}}^2 \rho_{\text{ср}}}{1,962}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент трения; для металлических каналов и труб – 0,02, кирпичных – 0,04; l – длина расчетного участка, м; d – диаметр канала, м.

С учетом значений коэффициента трения для металлических и кирпичных газоходов выражение (1) приобретает вид:

- для металлических каналов и труб:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{l}{d} \cdot \frac{v_{\text{ср}}^2 \rho_{\text{ср}}}{98,1}; \quad (2)$$

- для кирпичных каналов и труб:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \frac{l}{d} \cdot \frac{v_{\text{ср}}^2 \rho_{\text{ср}}}{49,1}. \quad (3)$$

Если выразить среднюю скорость движения газа через объем дымовых газов $V_{\text{дг}}$, м³/ч, то выражения (2) и (3) приобретают вид:

- для металлических каналов и труб:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 1,28 \cdot 10^{-9} \frac{l}{d^5} \cdot V_{\text{дг}}^2 \rho_{\text{ср}}; \quad (4)$$

- для кирпичных каналов и труб:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 2,56 \cdot 10^{-9} \frac{l}{d^5} \cdot V_{\text{дг}}^2 \rho_{\text{ср}}. \quad (4)$$

На основании уравнений (4) и (5) разработаны номограммы на рис. 1 и 2 для определения потерь давления на 1 м газохода или дымовой трубы при плотности 0,7 кг/м³.

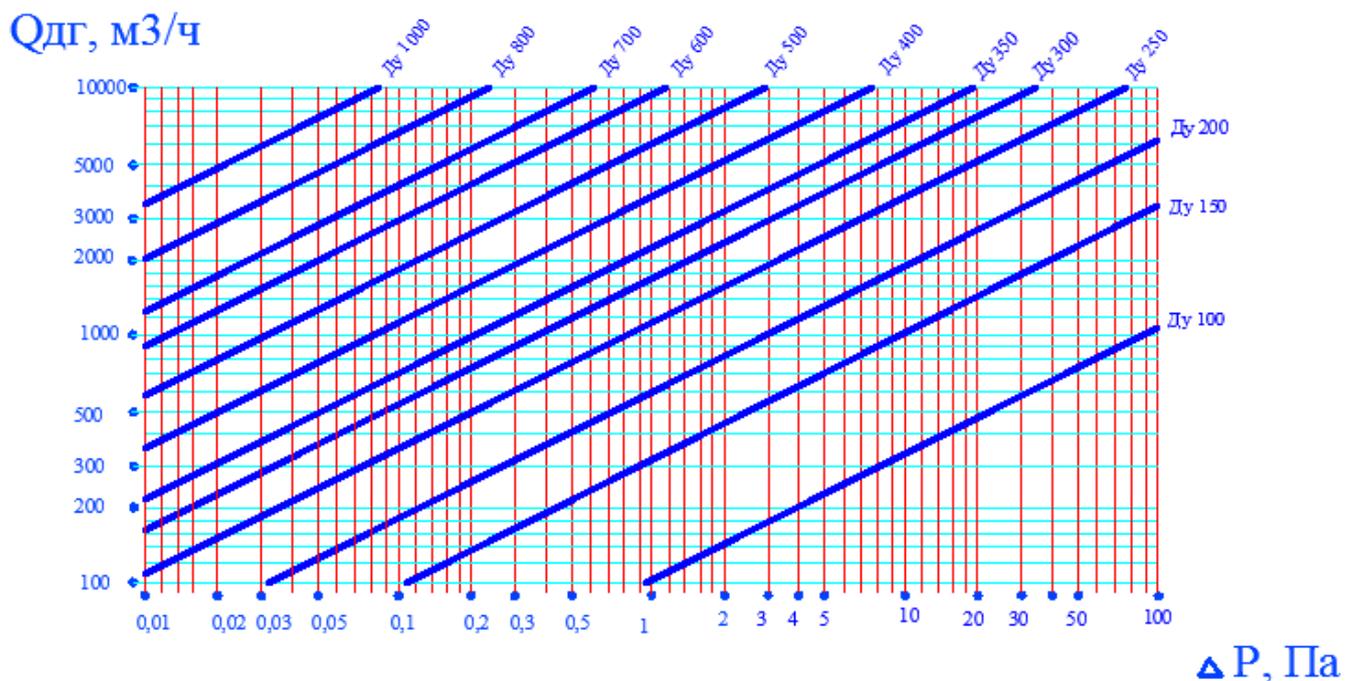


Рис. 1. Номограмма потерь давления на трение в стальных газоходах (Авторская разработка)

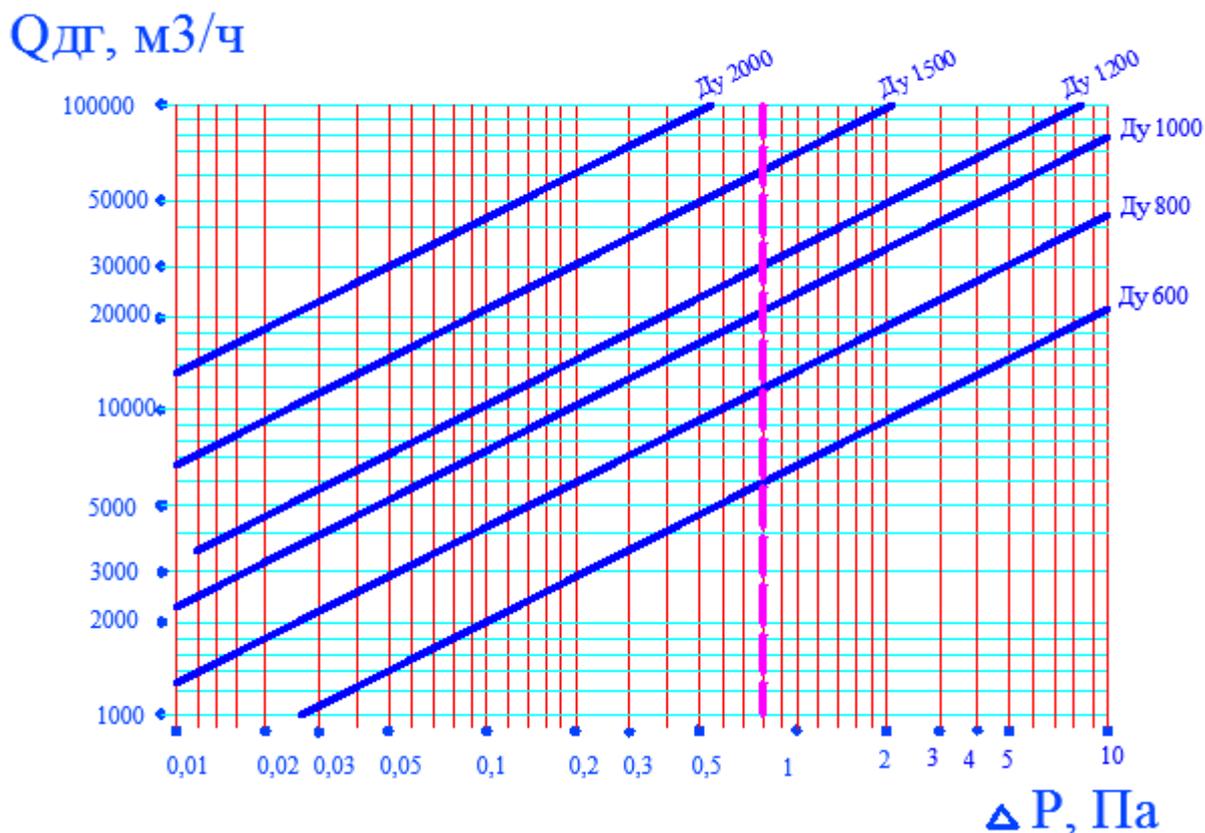


Рис. 2 – Номограмма потерь давления на трение в кирпичных газоходах (Авторская разработка)

В приближенных расчетах потери давления в кирпичных сборных газоходах $\Delta p_{с.г}$ рекомендуется принимать равным 20 Па на каждые 25 м длины [8]. Анализ номограммы на рис. 2 показывает, что значение 0,8 Па/м (фиолетовая пунктирная линия) для каждого диаметра справедливо при определенном значении расхода дымовых газов и в общем случае не соответствует действительности. Занижение значений потерь давления на трение может сказаться на дальнейшей работе газового тракта. При недостаточном напоре, удаление дымовых газов из котлоагрегата затруднено, что может привести к нарушению процесса сжигания газа, образованию в топке котла взрывоопасной газозвушной смеси. Завышение потерь давления приводит к необоснованному увеличению высоты дымовой трубы, создающей тягу во всем газовом тракте, или необоснованной установке

дымососов, представляющих собой достаточно дорогое оборудование, потребляющее электроэнергию [9,10].

Литература

1. Zamuraev V.P., Kalinina A.P., Popova D.S. Numerical modeling of methane air mixture burning in presence of stabilizers systems. IWHT2019. 25th International Workshop on heat/mass transfer advances for energy conservation and pollution control. Book of abstracts. Novosibirsk, 2019. Kutateladze Institute of Thermophysics SB RAS. Pp. 68-68.
2. Shah Y.T. Energy and fuel systems integration. Boca Raton. CRC Press 2015. p. 440.
3. Кузьмина Т.К., Юмашева Н.А., Мельничук В.О. Выявление факторов, влияющих на необходимость реализации инвестиционных проектов по техническому перевооружению действующих электростанций г. Москва // Инженерный вестник Дона, 2021, № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7019.
4. Реконструкция котельной. URL: progazosnabgenie.ru/proektirovanie-i-montazh/rekonstruktsiya-kotelnoj.
5. Ениватов А.В., Артемов И.Н., Игонин К.С. Совершенствование теплового и гидравлического режима котельной // Инженерный вестник Дона, 2020, № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6663.
6. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод). Под ред С.И. Мочана. Изд-е 3-е. Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
7. Порецкий Л.Я., Рыбаков Р.Р., Столпнер Е.Б. и др. Справочник эксплуатационника газифицированных котельных. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1988. – 608 с.
8. Справочник эксплуатационника газовых котельных. Под ред. Е.Б. Столпнера. Л.: Недра, 1976. – 528 с.

9. Жила В.А., Ушаков М.А., Брюханов О.Н. Газовые сети и установки: Учеб. пособие для сред. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 272 с.
10. Ефремова Т.В., Кондауров П.П. Системы газораспределения и газопотребления населенных пунктов, коммунальных объектов и промышленных предприятий: учебное пособие. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2021. – 113 с.

References

1. Zamuraev V.P., Kalinina A.P., Popova D.S. IWHT2019. 25th International Workshop on heat/mass transfer advances for energy conservation and pollution control. Book of abstracts. Novosibirsk, 2019. Kutateladze Institute of Thermophysics SB RAS. Pp. 68-68.
2. Shah Y.T. Energy and fuel systems integration. Boca Raton CRC Press 2015. p. 440.
3. Kuz`mina T.K., Yumasheva N.A., Mel`nichuk V.O. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7019.
4. Rekonstrukciya kotel`noj [Reconstruction of the boiler house]. URL: progazosnabgenie.ru/proektirovanie-i-montazh/rekonstruktsiya-kotelnoj.
5. Enivatov A.V., Artemov I.N., Igonin K.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6663.
6. Ae`rodynamiceskij raschet kotel`ny`x ustanovok (normativny`j metod) [Aerodynamic calculation of boiler plants (normative method)]. Pod red S.I. Mochana. Izd-e 3-e. L.: E`nergiya, 1977. 256 p.



7. Poretsky L.Y., Rybakov R.R., Stolpner E.B. Spravochnik e`kspluatsionnika gazificirovanny`x kotel`ny`x [Handbook of the operator of gasified boiler houses]. i dr. 2-e izd., pererab. i dop. L.: Nedra, 1988. 608 p.
8. Spravochnik e`kspluatsionnika gazovy`x kotel`ny`x [Handbook of the operator of gas boilers]. Pod red. E.B. Stolpnera. L.: Nedra, 1976. 528 p.
9. Zhila V.A., Ushakov M.A., Brukhanov O.N. Gazovy`e seti i ustanovki [Gas networks and installations]: Ucheb. posobie dlya sred. prof. obrazovaniya. M.: Izdatel`skij centr «Akademiya», 2003. 272 p.
10. Efremova T.V. Sistemy` gazoraspredeleniya i gazopotrebleniya naseleenny`x punktov, kommunal`ny`x ob`ektov i promy`shlenny`x predpriyatij: uchebnoe posobie [Systems of gas distribution and gas consumption of settlements, municipal facilities and industrial enterprises: a training manual]. Ministerstvo nauki i vy`sshego obrazovaniya Rossijskoj Federacii, Volgogradskij gosudarstvenny`j texnicheskij universitet. Volgograd: Izd-vo VolgGTU, 2021. 113 p.