

УДК 532.621

Е. А. Арсирій

Одесский национальный политехнический университет Просп. Шевченко 1, Одесса, 65044, Украина

В.А. Смирнова, Д.О. Панич

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона 4, Одесса, 65029, Украина

СНЯТИЕ ОГРАНИЧЕНИЙ МОЩНОСТИ КОТЛОВ ПУТЕМ КОРРЕКТИРОВКИ АЭРОДИНАМИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ДУТЬЕВЫХ ТРАКТОВ

Приведены результаты исследования и модернизации тягодутьевого оборудования котельных станций. Реконструкция котлов с целью снижения потерь напора, а так же повышения выходной мощности. Локализация диссипативных зон проточных частей при помощи метода визуальной диагностики структуры потоков.

Ключевые слова: Реконструкция котлов – Снижение потерь напора – Структура потока.

Е. О. Арсірій

Одеський національний політехнічний університет, Просп. Шевченко 1, г. Одеса, 65044, Україна

В.О. Смірнова., Д.О. Паніч

Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідріхсона 4, Одеса, 65029, Україна

ЗНЯТТЯ ОБМЕЖЕНЬ ПОТУЖНОСТІ КОТЛА ШЛЯХОМ КОРИГУВАННЯ АЕРОДИНАМІКИ ЕЛЕМЕНТІВ ДУТЬОВИХ ТРАКТІВ

Наведено результати дослідження та модернізації тяго-дутьового обладнання котельних станцій. Реконструкція котлів з метою зниження втрат напору, а так само підвищення вихідної потужності. Локалізація дисипативних зон проточних частин за допомогою методу візуальної діагностики структури потоків.

Ключові слова: Реконструкція котлів – Зниження втрат тиску – Структура потоку.

В 2006 году был разработан и реализован в котельной г. Ильичевск Одесской области энерго-сберегающий вариант снятия ограничений мощности котлов КВГМ-50 по дутью только за счет снижения потерь напора в аэродинамической сети путем корректировки аэродинамики в элементах дутьевого тракта (повороты, входные и выходные участки оборудования, коллекторы, горелки, т.п.). Корректировка аэродинамики потоков выполняется на основе физического моделирования с использованием нового метода визуальной диагностики структуры потоков (МВДСП) [1, 2, 3].

Корректировка аэродинамики с использованием МВДСП показана на примере совершенствования структуры потока во входном патрубке вентилятора ВДН-15. Визуальная диагностика позволяет выявить зоны отрыва потока от стенок (рисунок. 1), которые являются причиной высоких аэродинамических сопротивлений.

Для устранения зон отрыва потока от стенок патрубка разрабатываются вставки – лекала, которые замещают диссипативные зоны. Это позволяет разработать геометрию проточных частей, при

которой течение будет безотрывным, и за счет этого обеспечить меньшее значение сопротивления входного патрубка вентилятора. Монтаж вставок – лекал должен соответствовать реальной геометрии входного патрубка и структуре потока.

Измерения аэродинамических параметров входного патрубка вентилятора показали, что после устранения диссипативных зон, сопротивление поворота потока во входном патрубке при числах Рейнольдса $Re > 10^5$ снизилось с $\zeta = 1,57$ до $\zeta = 0,23$ [4].

Также была выполнена корректировка аэродинамики в поворотах потока на 90° . Установка вставок, устраняющих диссипативные зоны позволила снизить сопротивления поворотов потока на 90° более чем в 4 раза. Кроме того, предлагаемый подход к анализу потерь напора в дутьевом тракте показал, что самые большие потери напора создают горелки типа РГМГ. Они были заменены на горелки типа «СНТ», с существенно меньшим сопротивлением [5]. Замена горелок снизила потери напора в дутьевом тракте котла более чем на 50%

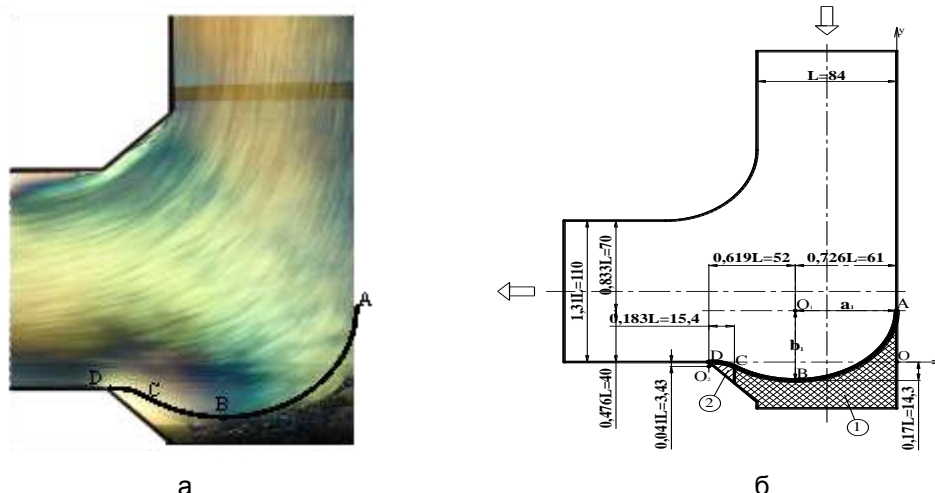


Рисунок 1. Разработка корректировки аэродинамики входного патрубка.

а – визуальная диагностика структуры потока;

б – разработка геометрии безотрывного течения во входном патрубке вентилятора.

Для устранения зон отрыва потока от стенок патрубка разрабатываются вставки – лекала, которые замещают диссипативные зоны. Это позволяет разработать геометрию проточных частей, при которой течение будет безотрывным, и за счет этого обеспечить меньшее значение сопротивления входного патрубка вентилятора. Монтаж вставок – лекал должен соответствовать реальной геометрии входного патрубка и структуре потока.

Измерения аэродинамических параметров входного патрубка вентилятора показали, что после устранения диссипативных зон, сопротивление поворота потока во входном патрубке при числах Рейнольдса $Re > 10^5$ снизилось с $\zeta = 1,57$ до $\zeta = 0,23$ [4].

Также была выполнена корректировка аэродинамики в поворотах потока на 90° . Установка вставок, устраняющих диссипативные зоны позволила снизить сопротивления поворотов потока на 90° более чем в 4 раза. Кроме того, предлагаемый подход к анализу потерь напора в дутьевом тракте показал, что самые большие потери напора создают горелки типа РГМГ. Они были заменены на горелки типа «СНТ», с существенно меньшим сопротивлением [5]. Замена горелок снизила потери напора в дутьевом тракте котла более чем на 50%.

Реконструкция с целью корректировки аэродинамики дутьевого тракта позволила существенно снизить сопротивления элементов аэродинамической системы. На рисунке 2 в поле характеристик вентилятора ВДН-15 с оборотами $n = 980 \text{ мин}^{-1}$ представлены две характеристики сети $P_{\text{сеть А}}$ – до реконструкции и $P_{\text{сеть С}}$ – после реконструкции, которые показывают изменения параметров дутьевого тракта.

После корректировки аэродинамики элементов дутьевого тракта котла КВГМ-50 при полностью открытых направляющих аппаратах (при максимальной возможной производительности вентилятора) на новой характеристике сети $P_{\text{сеть С}}$ видно, что подача увеличена до требуемой величины $Q^* \approx 65 \text{ тыс. м}^3/\text{час}$.

Положительным результатом снижения сопротивлений в дутьевом тракте является снижение

коэффициента удельных затрат на привод вентилятора от $k_{N, A0} = 1,2$ в точке А0 до $k_{N, C} = 1,05$ в точке С. Однако, требует анализа уменьшение КПД вентилятора от $\eta_{\text{вент} A0} = 0,825$ до $\eta_{\text{вент} C} = 0,79$.

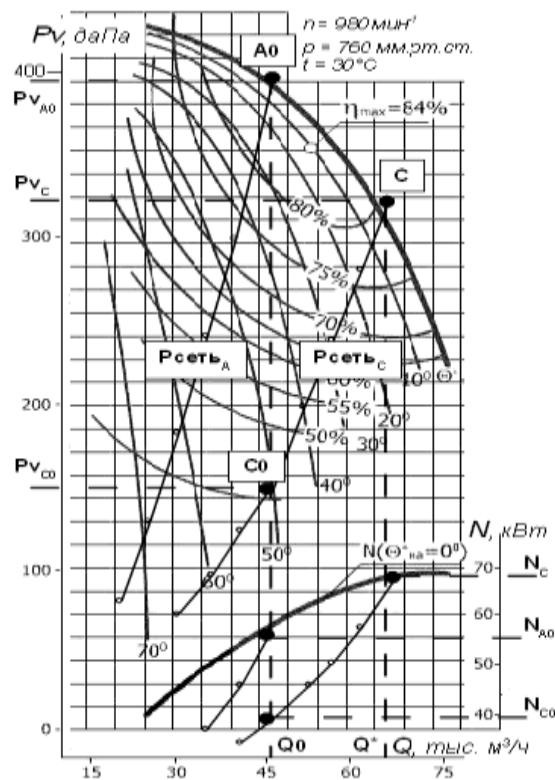


Рисунок 2. Параметры дутьевого тракта котла КВГМ-50 до и после реконструкции

Важным результатом реконструкции является экономия электроэнергии на привод вентилятора во всем диапазоне изменения нагрузки котла. Так, например, при уменьшении тепловой мощности котла до $N_T = 40 \text{ МВт}$ и снижении подачи вентилятора до $Q_{C0} = 45 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$, затраты энергии на привод составят $N_{C0} = 39 \text{ кВт}$. То есть, экономия затрат

энергии на дутье после реконструкции при нагрузке котла 40МВт составит $\Delta N = N_{A0} - N_{C0} = 55 - 39 = 16$ кВт, а коэффициент удельных затрат на подачу в точке С0 уменьшится до величины $k_{NC0} = 0,87$.

Анализ изменения параметров дутьевого тракта котла КВГМ-50 с вентилятором ВДН-15 при разных вариантах увеличения подачи воздуха в котел показаны в таблице 2. Рабочая точка А0 соответствует параметрам до реконструкции. Рабочая

точка В2 – соответствует второму варианту увеличения подачи за счет замены электродвигателя и увеличения оборотов вентилятора ВДН-15 до $n_2 = 1480$ мин⁻¹. Рабочие точки С0 и С характеризуют параметры вентилятора и дутьевого тракта после корректировки аэродинамики дутьевого тракта и новой суммарной сниженной величине сопротивления тракта R при нагрузке котла 40 МВт и 58 МВт соответственно.

Таблица 1. Изменение параметров дутьевого тракта котла КВГМ-50 при разных вариантах увеличения подачи вентилятора ВДН-15

| Наименование | Обозн. | Размер | До реконстр. | | Корректировка Аэродинамики | |
|-----------------------------|------------|-----------------------------------|--------------|----------|----------------------------|----------|
| | | | Точка А0 | Точка В2 | Точка С0 | Точка С |
| Максимальная мощность котла | N_T, Q_T | МВт Гкал | 40 34,5 | 58 50 | 40 34,5 | 58 50 |
| Подача вент-ра | Q | 10 ³ м ³ /ч | 45 | 65 | 45 | 65 |
| Число оборотов | N | мин ⁻¹ | 980 | 1480 | 980 | 980 |
| КПД вент. | | % | 0,825 | 0,825 | 0,47 | 0,79 |
| Затраты вент. | | кВт | 55 | 180 | 39 | 68 |
| Удельн. затраты | | Вт/м ³ | 1,2 | 2,77 | 0,87 | 1.05 |

Результаты испытаний параметров работы котлов №3 и №4 в котельной г. Ильичевска до и после реконструкции зафиксированы в режимных картах котлов. Результаты реконструкции незначительно отличаются от представленных выше, так как в котельной установлены дутьевые вентиляторы ВД-15,5 с загнутыми вперед лопатками. Это обусловлено тем, что раньше

чаще устанавливали вентиляторы с загнутыми вперед лопатками, нежели с загнутыми назад. Основные параметры работы котельных установок до и после реконструкции на основе данных режимных карт приведены соответственно в таблице 2 (до реконструкции) и таблице 3 (после реконструкции).

Таблица 2. Параметры КВГМ-50 до реконструкции дутьевого тракта

| Название параметра | Обозначения и размерность | Параметры | | | |
|-------------------------|------------------------------|-----------|-------|-------|-------|
| | | 25,5 | 29 | 35 | 37 |
| Тепловая мощность Котла | N_m , МВт | 25,5 | 29 | 35 | 37 |
| | Q_T , Гкал | 22 | 25 | 30 | 32 |
| | % | 44 | 50 | 60 | 64 |
| Расход газа | $Q_{гв}$, м ³ /ч | 29800 | 3400 | 4000 | 4300 |
| Подача вентилятора | $Q_{вв}$, м ³ /ч | 29800 | 34000 | 40000 | 43000 |
| Затраты на дутье | N , кВт | 34 | 43 | 54 | 65 |

Таблица 3. Параметры КВГМ-50 после реконструкции дутьевого тракта

| Название параметра | Обозначения и размерность | Параметры | | | |
|-------------------------|------------------------------|-----------|-------|-------|-------|
| | | 21 | 25,5 | 37 | 50 |
| Тепловая мощность котла | N_m , МВт | 21 | 25,5 | 37 | 50 |
| | Q_T , Гкал | 18 | 22 | 32 | 43 |
| | % | 36 | 44 | 64 | 86 |
| Расход газа | $Q_{гв}$, м ³ /ч | 2680 | 2880 | 4250 | 5750 |
| Подача вентилятора | $Q_{вв}$, м ³ /ч | 26800 | 28800 | 42500 | 57500 |
| Затраты на дутье | N , кВт | 28 | 30 | 42 | 83 |

Главным результатом реконструкции дутьевых трактов и снижения потерь напора в дутьевых трактах двух котлов КВГМ-50 в г. Ильичевск явилось увеличение тепловой мощности на котле №3 с 36,2 до 51,93 МВт и на котле №4 с 37,8 до 48,28 МВт при соответствующем увеличении расхода газа.

После выполнения реконструкции дутьевого тракта корректировка и оптимизация аэродинамических процессов обеспечила увеличение диапазона регулирования тепловой нагрузки котлов. Макси-

мальная мощность котлов увеличена от 37 МВт до 50 МВт, а минимальная мощность котлов уменьшена от 25,5МВт до 21 МВт. Результаты экономии энергии на дутье при сопоставимой тепловой мощности котлов $N_m = 37$ МВт до и после реконструкции составили $\Delta N = 65 - 42 = 23$ кВт.

Однако, увеличение подачи воздуха в котел после реконструкции более чем на 40% все-таки не позволило обеспечить номинальную мощность котлов из-за больших сопротивлений тяговых трактов

котлов. Максимальная нагрузка котлов (средняя по режимным картам котлов №3 и №4) составила 50 МВт или 86% от номинальной мощности 58 МВт. После реконструкции дутьевого тракта и снятия ограничения мощности котлов по дутью в обосновании причины ограничения мощности котлов на 14% зафиксирована недостаточная производительность дымососа ДН-21. То есть сегодня причиной невозможности обеспечить номинальную тепловую нагрузку котлов в период низких температур является ограничение мощности котлов №3 и №4 по тяге. В этот период требуется включение дополнительных котлов, что приводит к снижению экономичности системы теплоснабжения.

Выводы

Мировой опыт свидетельствует, что реконструкция энергоустановок с целью улучшения параметров работы и продления срока их эксплуатации существенно дешевле строительства новых объектов. Реконструкция котлов с целью снижения потерь напора в тягодутьевых трактах котлов позволяют изменить отношение к проблеме ограничений мощности работающих котлов. То есть большая часть котлов КВГМ, находящихся в эксплуатации, имеют существенный резерв увеличения их нагрузки. Причем реконструкция, обеспечивающая снижение сопротивлений проточных частей выгодна тем, что существенно дешевле строительства новых объектов, а также позволяет увеличить производительность тягодутьевых механизмов с одновременным

снижением удельных затрат энергии на тягу и дутье при всех значениях тепловой мощности котлов [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. PST 5.812.423 USA Method of determining for working media motion and designing flow structures for same // Maisotsenko V. S., Arsiri V. A.. ¼ Publ. 22.09.1998.
2. Мазуренко А.С., Арсирий В.А. Повышение эффективности турбинных установок за счет совершенствования проточных частей патрубков// Весник НТУ «ХПИ». □ 2005 □ Вып.6 . С. 39-43.
3. Арсирий В.А., Бычков Ю.М. Поляризационно – оптический метод визуализации потоков в затопленном пространстве // Сибирский физико-технический журнал. – 1992.– Вып.2.– С. 64–69
4. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. / Под ред. М.О. Штейнберга.– 3-е изд.– М.: Машиностроение, 1992. – 672 С., ил.
5. Струйно-нишевая технология сжигания топлива на объектах энергетики. // Абдулин М.З., Дубовик В.С. /»Новости теплоснабжения», М.2004. №11 с-19-22
6. Арсирий В.А. Совершенствование оборудования тепловых и ядерных энергоустановок на основе диагностики потоков. Диссертация доктора технических наук, Одесса 2004 г. www.disslib.org/sovershenstvovanye-oborudovanyja-teplovyykh-y-jadernyykh.html

Elena Arsiri

Odessa National Polytechnic University, Avenue. Shevchenko 1, Odessa, 65044, Ukraine

Valeriya Smyrnova, Dmytro Panich

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dydryhsona str. 4, Odessa, 65029, Ukraine

BOILER OUTPUT RESTRICTIONS REMOVAL BY ADJUSTING THE AERODYNAMICS OF BLOWING TRACT ELEMENTS

The results of forced steam boiler stations research and modernization. Reconstruction of boilers to reduce pressure loss and increase the output power. Localization of dissipative zones in flow parts by the method of visual diagnostics flow patterns.

Keywords: Boilers reconstruction – Pressure losses reduction – Flow structure.

REFERENCES

1. Пат. PST 5.812.423 USA Method of determining for working media motion and designing flow structures for same // Maisotsenko V. S., Arsiri V. A.. ¼ Publ. 22.09.1998.
2. Mazurenko AS, Arsiri VA Improving the efficiency of the turbine plant by improving the flow parts of pipes // Bulletin of the NTU "KPI". – 2005 – Vyp.6. S. 39-43.
3. Arsiri VA Bychkov Yu Polarization - Optical imaging method streams in a flooded area // Siberian Physico-Technical Journal. - 1992.- 64-69 pp Vyp.2.-P. 64-69
4. Idelchik IE Handbook of hydraulic resistance. / Ed. MO Shteynberga.- third izd.- M.: Engineering, 1992. - 672 P.
5. Jet niche technology of fuel combustion at power plants. // Abdulin MZ, Dubovik VS / "News of heat supply", M.2004. №11 P. 19-22.
6. Arsiri V.A. Improvement of equipment for thermal and nuclear power plants on the basis of flows diagnostic. Dissertation of Doctor of Technical Sciences, Odessa 2004 www.disslib.org/sovershenstvovanye-oborudovanyja-teplovyykh-y-jadernyykh.html