

УДК 621.311.2:532

doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.12

**В. А. АРСИРИЙ, В. А. СМІРНОВА, Е. А. АРСИРИЙ****ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОТЛОВ ЗА СЧЁТ СНЯТИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ МОЩНОСТИ ПО ТЯГЕ И ДУТЬЮ**

**АННОТАЦИЯ** На основе анализа параметров дутьевых трактов и режимов работы вентиляторов предложен вариант снятия ограничений тепловой мощности котельных установок марки КВГМ (котел водогрейный, газомазутный) по дутью за счёт корректировки аэродинамики во входном патрубке вентилятора и вспомогательных элементах дутьевого тракта типа «поворот». Предлагаемый вариант снятия ограничений тепловой мощности является энергосберегающим потому, что позволяет существенно увеличить подачу воздуха в котельную установку с одновременным снижением затрат мощности на привод вентилятора.

**Ключевые слова:** котельные установки, вентиляторы, увеличение мощности, гидравлические сопротивления, визуализация структуры потоков.

**V. ARSIRI, V. SMYRNOVA, E. ARSIRI****INCREASING PRODUCTIVITY OF THE BOILER BY ELIMINATE THE LIMITED CAPACITY OF THE THRUST AND BLOW**

**ABSTRACT** A new highly informative method of <sup>2</sup>flow structure visual diagnostic<sup>2</sup>, which allows you to identify the distribution of flow velocities actual values in flow parts. Solving problems experience in flow parts improving showed that today to analyze the efficiency it's uses only the effectiveness measure of the basic elements – pumps or fans, and the hydraulic resistance meanings in the equipment flow parts. To analyze of the flow structure improving results it was developed the effectiveness measure of equipment in general and its individual elements, and it was developed the system effectiveness measure for hydraulic and aerodynamic systems. Visual diagnostics gives us the opportunity to develop a new energy-saving technology, which allows to improve existing equipment, or to design the new one. More than 20 projects have already completed using energy-saving design technology FSTD. In these projects it was solved the problems of equipment productivity increasing, cleaning quality improving, noise or vibration reduction. Besides in all projects it was provided a significant reduction of energy consumption for own needs. Improving equipment blow paths two boilers KVGМ-58 (Ilichevsk, Ukraine) has allowed them to increase the heat output of the boiler №3 from 36.2 to 51.93 MW and boiler №4 from 37.8 to 48.28 MW. Besides energy costs for operation of the blow fan are reduced by more than 40%.

**Key words:** Boilers, fans, productivity increasing, hydraulic resistance, visualization of flow structure.

**Введение**

Реальная мощность многих котельных установок (КУ) часто не соответствует их паспортным значениям. Эксплуатация котлов, при котором нет возможности обеспечить номинальную мощность, имеет официальный термин «ограничения мощности». Ограничение мощности котлов можно выявить в режимных картах, где указываются параметры работы оборудования КУ от минимальной мощности до максимально возможной. Отопительные котлы водогрейные газомазутные (КВГМ) как правило работают с максимально возможной нагрузкой на (15–30) % меньше номинальной производительности.

**Цель работы**

Для решения проблемы снятия ограничений мощности КУ разработан энергосберегающий вариант повышения мощности котлов за счёт увеличения производительности вентиляторов и дымоходов с одновременным снижением затрат энергии на их привод. Для увеличения подачи нагнетателей разрабатываются мероприятия по совершенствованию оборудования аэродинамических систем методом визуальной диагностики структуры

потоков. Снижение потерь напора в проточных частях обеспечивают большую подачу вентиляторов при меньших затратах энергии в системе.

**Изложение основного материала**

Анализ режимных карт КУ показал, что одной из основных причин ограничений их тепловой мощности является недостаточная производительность их тягодутьевых механизмов (ТДМ) – дутьевых вентиляторов либо дымоходов. Такая ситуация вызвана не только физическим износом оборудования, но и моральным старением – некорректной методикой проектирования и соответственно рекомендациями по выбору ТДМ. Так, в табл. 1 приведены рекомендации по выбору дутьевых вентиляторов для использования с котлами КВГМ [1].

Один типоразмер вентилятора ВДН-15 с электродвигателем одинаковой мощности  $N_{эл.} = 75$  кВт рекомендован для подачи воздуха в КУ разной производительности: КВГМ-30 (тепловая мощность  $N_T = 35$  МВт) и КУ КВГМ-50 ( $N_T = 58$  МВт). Такая же ситуация с котлами КВГМ-6,5 и КВГМ-10. Таким образом, приведённые рекомендации требуют анализа методики проектирования аэродинамических трактов КУ и

© В. А. Арсирий, В. А. Смирнова, Е. А. Арсирий, 2016

условий вибору ТДМ и оптимизации параметров их работы.

Таблица 1 – Рекомендуемые параметры дутьевых вентиляторов для котлов марки КВГМ

Марка котла	Подача $Q$ , тыс. м <sup>3</sup> /ч	Марка Вент-ра	Мощность $N$ , кВт
КВГМ-6,5	8,7	ВДН-10	10,7
КВГМ-10	13,3	ВДН-10	10,7
КВГМ-20	26,8	ВДН-12,5	40,0
КВГМ-30	40,1	ВДН-15	75,0
КВГМ-50	64,3	ВДН-15	75,0

**Методика выбора тягодутьевых механизмов котлов.** Существующие методы проектирования аэродинамических трактов котлов и оптимизации параметров работы вентиляторов и систем дают противоречивые результаты выбора тягодутьевых машин [2]. В существующей методике проектирования аэродинамических систем используют три условия выбора ТДМ. *1-е условие* – обеспечение требуемой подачи вентилятора  $Q^*$ . *2-е условие* – вентилятор должен развивать такой напор  $P_V$ , при котором он будет работать в области максимальных значений КПД  $h_B \geq 0,9 h_{max}$ . *3-е условие* – затраты электрической мощности  $N_{эл.}$  на привод вентилятора должны быть минимальными.

Объединяющей идеей проектирования аэродинамической системы и выбора ТДМ является оптимизация всех условий по максимальной величине КПД вентиляторов либо дымососов, так как в расчёте КПД вентилятора учитываются все перечисленные параметры

$$h_B = \frac{P_V Q^*}{N_{эл.}} \quad (1)$$

Как показал опыт оптимизации параметров работы аэродинамических систем за счёт снижения сопротивлений проточных частей оборудования, такой подход имеет существенные недостатки:

– величина затрат электрической мощности  $N_{эл.}$  на привод вентилятора учитывается только в качестве составной части значения КПД нагнетателей;

– величина напора  $P_V$  является полезным параметром вентилятора, но в аэродинамической системе напор затрачивается на преодоление сопротивлений. Поэтому потери напора в системе нельзя относить к «полезным» параметрам дутьевого тракта в целом [3, 4]. Без величины КПД вентилятора невозможно рассчитать затраты мощности. Но КПД вентилятора недостаточен для оптимизации параметров аэродинамической системы в целом;

– «характеристика сети»  $P_{сеть} = f(Q)$ , которая построена на сводном графике дополнительно рассчитывается как сумма потерь напора во вспомогательных элементах дутьевого тракта (поворотах,

тройниках, коллекторах, входных и выходных патрубках) практически никогда не оптимизируется, а считается постоянной и относится к заданным условиям и ограничениям.

**Анализ существующих вариантов снятия ограничений тепловой мощности КУ по дутью.** В качестве примера устранения ограничений мощности по дутью рассмотрим варианты увеличения тепловой мощности котлов КВГМ-50 в г. Ильичевск Одесской области. Согласно режимным картам котлы № 3 и № 4 обеспечивали тепловую мощность менее 40 МВт. Главной причиной ограничений мощности котла в режимной карте зафиксирована недостаточная подача дутьевого вентилятора.

Для номинальной тепловой мощности котла КВГМ-50 необходимо обеспечить подачу дутьевого вентилятора  $Q^* \gg 65$  тыс. м<sup>3</sup>/ч. Однако, дутьевые вентиляторы на этих котлах обеспечивали подачу, которая не превышала  $Q_0 \gg 45$  тыс. м<sup>3</sup>/ч [5, 6]. Для котлов КВГМ-50 рекомендован дутьевой вентилятор ВДН-15 с частотой вращения  $n = 980$  мин<sup>-1</sup>. Поэтому исследования вариантов повышения подачи воздуха в котёл рассмотрим на примере использования именно этого типа вентиляторов, используя сводный график оптимальных параметров вентиляторов типа ВДН [7–9]. Для исследования вариантов реконструкции в рамках существующей методики на графике (рис. 1) построена характеристика сети  $P_{сеть} = f(Q)$ , которую будем считать неизменной.

*1-ый вариант* – использование вентилятора с большими размерами. Использование ВДН-17 с оборотами  $n = 980$  мин<sup>-1</sup> обеспечит увеличение подачи до  $Q \gg 52$  тыс. м<sup>3</sup>/ч, однако это является недостаточным для восстановления номинальной мощности котла.

Для оптимизации изменений в дутьевом тракте можно использовать формулу соотношения затрат мощности подобных вентиляторов при изменении основных параметров [5].

$$N_1 = N_0 \frac{\alpha_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_0} \cdot \frac{D_1^3}{D_0^3} \cdot \frac{r_1}{r_0} \cdot \frac{h_1}{h_0}}{\alpha_0 \cdot \frac{\rho_0}{\rho_1} \cdot \frac{D_0^3}{D_1^3} \cdot \frac{r_0}{r_1} \cdot \frac{h_0}{h_1}} \quad (2)$$

Анализ изменения параметров в формуле пересчёта (2) показал, что мощность, затрачиваемая на электродвигатель вентилятора, увеличивается пропорционально оборотам в 3-й степени, а при увеличении диаметра рабочего колеса вентилятора мощность электродвигателя должна увеличиваться пропорционально 5-й степени. Исходя из приведённого соотношения, можно рекомендовать *2-ой вариант* реконструкции – заменить электродвигатель вентилятора с целью увеличения скорости вращения вентилятора.

Для анализа параметров по 2-ому варианту использованы заводские характеристики вентилятора ВДН-15.

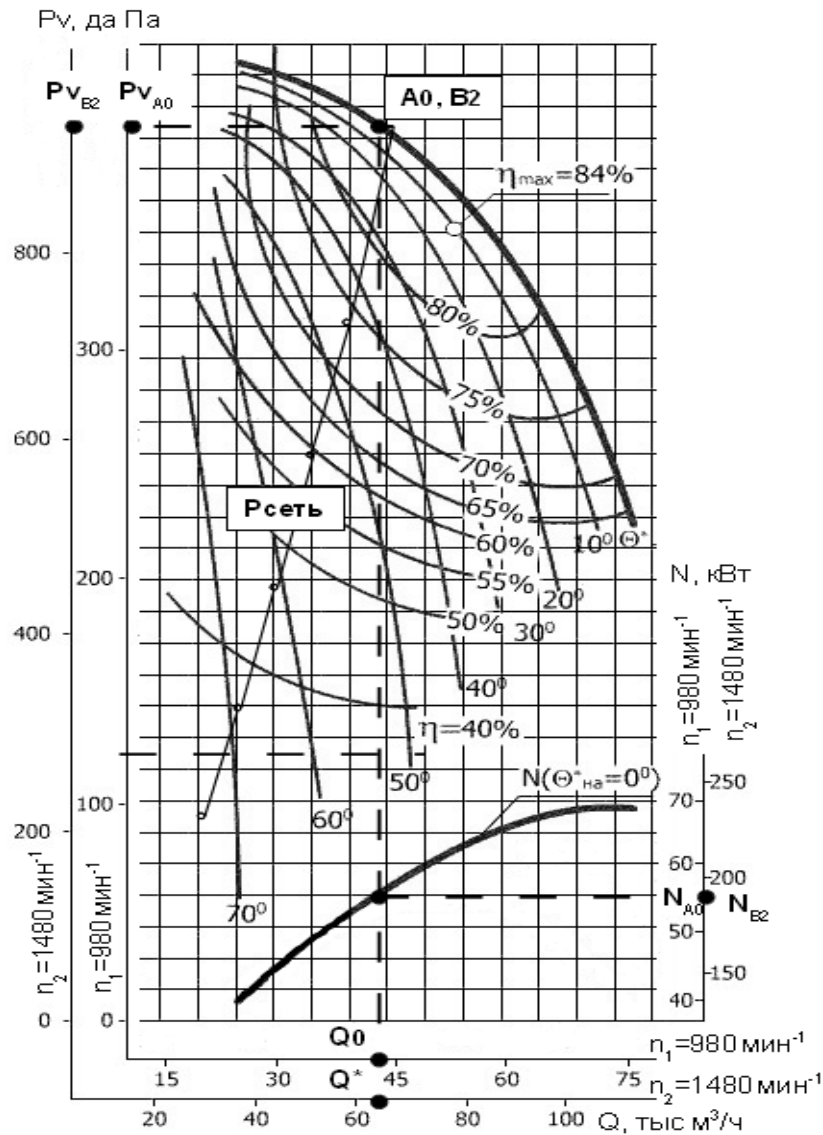


Рис. 1 – Характеристики вентилятора марки ВДН-15

Анализ заводских характеристик вентилятора показал, что повышение скорости вращения от  $n_1 = 980 \text{ мин}^{-1}$  до  $n_2 = 1480 \text{ мин}^{-1}$  увеличивает подачу от  $Q_0 \gg 45 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$  до требуемой величины  $Q^* = 65 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ . КПД вентилятора при номинальной мощности котла будет достаточно высокой  $h_{\text{вент.В2}} = 0,83$ . Однако реальные затраты электроэнергии существенно увеличатся  $N_{\text{эл. В2}} > 180 \text{ кВт}$ .

**Энергосберегающий вариант увеличения подачи воздуха в котёл.** Для снятия ограничений мощности котлов КВГМ50 в г. Ильичевск разработан энергосберегающий 3-ий вариант реконструкции, который позволяет существенно увеличить подачу воздуха в котёл с одновременным снижением затрат мощности на привод. В своих работах мы не меняем вентилятор или электродвигатель, а решаем задачу снижения потерь напора в аэродинамической системе.

До проведения реконструкции был сделан анализ схемы дутьевого тракта, который позволил выявить в аэродинамической системе участки с неоправданно высокими аэродинамическими сопротивлениями. Самые большие потери напора создавали горелки типа ротационной газомазутной горелки (РГМГ), поэтому они были заменены на новые «струйно-нишевые горелки», у которых величина сопротивления почти в 2 раза меньше [7, 8]. Замена горелок обеспечила более 50 % снижения потерь напора в дутьевом тракте котла.

Дополнительное снижение аэродинамических сопротивлений в дутьевом тракте было выполнено за счёт коррекции аэродинамики потоков. Для этого разработаны изменения геометрии проточных частей поворотов потока, а также изменения геометрии входного участка вентилятора.

Для корективки аеродинамики потоків виконана візуальна діагностика структури потоку з використанням фізичного моделювання методом візуальної діагностики структури потоків (МВДСП) [4, 9]. Візуальна діагностика структури потоку во входному патрубку дозволила виявити зони отрива потоку від стенок, які є причиною високих аеродинамічних опортівленій рис. 2а.

Для зниження опортівленій проточної частини входного патрубка диссипативні зони замещаються вставками-лекалами [10, 11]. То єсть на основі результатів діагностики розроблена геометрія безотривного течення (рис. 2б).

Исследование параметров поворота потока во входном патрубке вентилятора на гидравлическом стенде показали, что после устранения диссипативных зон величина сопротивления входного патрубка при числах Рейнольдса  $Re > 10^5$ , снижена с  $z = 1,57$  до  $z = 0,23$ . Таким образом, замещающие диссипативные зоны вставки, существенно улучшают аэродинамические характеристики проточных частей. Анализ изменения показателей дутьевого тракта как аэродинамической сети до реконструкции  $P_{сетьА}$  и после  $P_{сетьС}$  в поле характеристик вентилятора ВДН-15 с оборотами  $n = 980 \text{ мин}^{-1}$  показаны на рис. 3.

До проведения реконструкции при полностью открытом направляющем аппарате подача вентилятора составляла  $Q_0 = 44 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$  Затраты энергии электродвигателя были  $N_{эл.А0} = 55 \text{ кВт}$  при КПД вентилятора  $\eta_{вент. А0} = 0,84$ . Снижение аэродинамических опортівленій после проведения реконструкции позволило уменьшить потери напора в аэродинамической сети. Это обеспечило увеличение подачи вентилятора при полностью открытых направляющих аппаратах до  $Q_C = Q^* = 65 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ . Затраты энергии электродвигателя вентилятора при номинальной мощности котла увеличены до  $N_{эл.С} = 68 \text{ кВт}$ .

Третий вариант реконструкции за счёт снижения опортівленій в дутьевом тракте даёт парадоксальные результаты. Подача увеличена почти в 1,5 раза ( $Q^*/Q_0 = 65000/44000 = 1,47$ ), затраты мощности по сравнению со 2 вариантом снижены более чем в 2,5 раза ( $N_{эл.В2}/N_{эл.С} = 180/68 = 2,6$ ). Однако, главный коэффициент, используемый для оптимизации параметров системы – КПД вентилятора уменьшился от  $\eta_{вент. А0} = 0,84$  до величины  $\eta_{вент. С} = 0,8$ . Не смотря на то, что КПД вентилятора незаменим, так как без него нет возможности рассчитать затраты энергии при измеренных величинах подачи и напора. При проектировании аэродинамических систем необходим системный показатель эффективности.

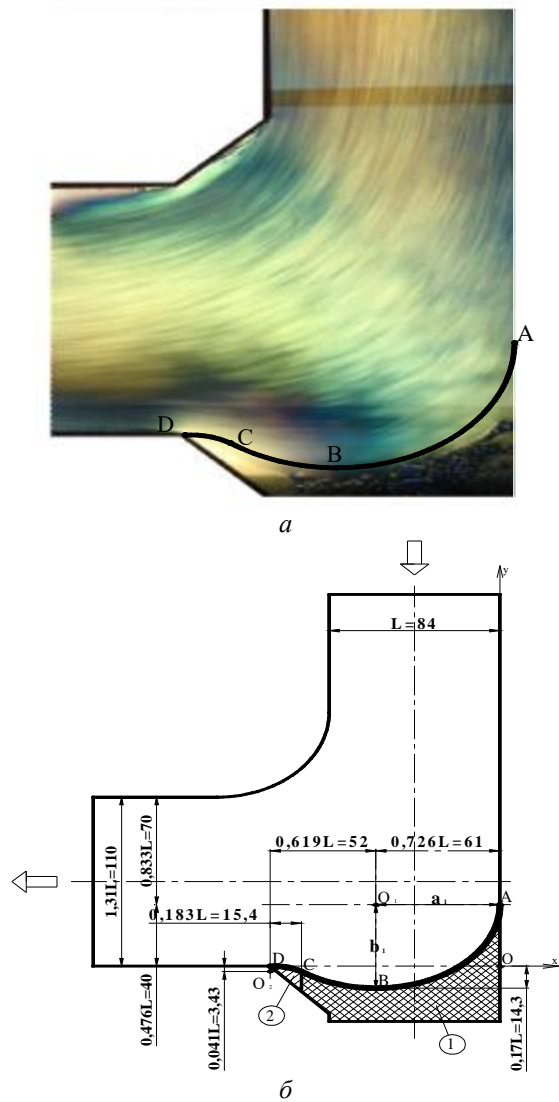


Рис. 2 – Корективка аеродинамики входного патрубка вентилятора:  
а – візуальна діагностика структури потоку;  
б – геометрія безотривного течення во входному патрубку вентилятора

Важным результатом реконструкции является то, что при плановом уменьшении тепловой мощности котла до  $N_{тепл} = 40 \text{ МВт}$ , затраты энергии на привод составят  $N_{эл.С0} = 40 \text{ кВт}$ . То есть экономия затрат энергии на дутье после реконструкции при нагрузке котла 40 МВт составит 15 кВт.

**Енергосберегаючий варіант реконструкції дутьєвого тракту котлів КВГМ.** Ограничения тепловой мощности котлов КВГМ-50, находящихся в эксплуатации, носят массовый характер. В предыдущих разделах выполнен анализ двух вариантов увеличения подачи дутьевого вентилятора на основе существующих правил проектирования [3], однако они не реализуются, так как замена вентилятора на ВДН-17 потребует больших капитальных затрат.

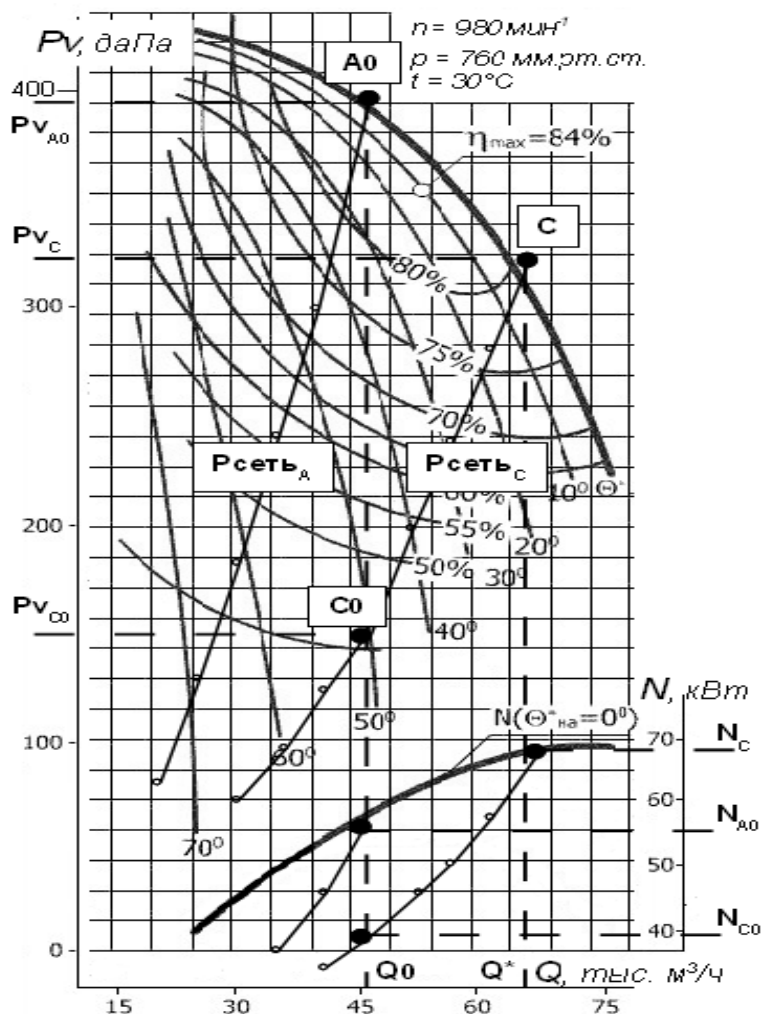


Рис. 3 – Изменение параметров работы дутьевого тракта котла КВГМ-50 до и после реконструкции

Таблица 2 – Результаты реконструкции воздушного тракта котлов КВГМ-50

Наименование	Обозначение	Размерность	До реконструкции	Увеличение оборотов	Корректировка аэродинамики	
			Точка А0	Точка В2	Точка С0	Точка С
Мощность котла	$N_T$	МВт	40	58	40	58
Подача вент-ра	$Q_T$	Гкал	34,5	50	34,5	50
Подача вент-ра	$Q$	$10^3 \cdot \text{м}^3/\text{ч}$	45	65	45	65
Число оборотов	$N$	$\text{мин}^{-1}$	980	1480	980	980
КПД вент-ра	—	%	0,825	0,825	0,47	0,79
Затраты вент-ра	—	кВт	55	180	39	68

Главным результатом реконструкции дутьевого тракта двух котлов КВГМ-58 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 подачи газа за счёт применения новой методики проектирования [12]. Результаты испытаний котлов в котельной г. Ильичевска до и после реконструкции в 1996 г. зафиксированы в режимных картах котлов, а обобщённые данные приведены в табл. 2.

Необходимо отметить, что результаты изменения параметров дутьевого тракта в табл. 2

отличаются, так как в котельной г. Ильичевск установлены вентиляторы ВД-15,5. Поэтому результаты экономии энергии на дутьё составили  $\Delta N_{эл.} = 47 - 32 = 12$  кВт.

После проведения реконструкции котёл все-таки не обеспечивает номинальную мощность 58 МВт, максимальная мощность котла по режимной карте составила 50 МВт или 87 % от номинальной.

## Выводы

Энергосберегающий вариант реконструкции тягодутьевых трактов котлов за счёт снижения сопротивлений проточных частей оборудования позволяет существенно увеличить производительность как тягодутьевых механизмов, так и энергоустановок в целом. При этом затраты энергии на собственные нужды могут быть существенно уменьшены.

Мировой опыт свидетельствует, что реконструкция энергоустановок с целью улучшения параметров работы и продления срока их эксплуатации существенно дешевле строительства новых объектов. Результаты реконструкции котла КВГМ-58 позволяют изменить отношение к проблеме ограниченной мощности работающих котлов. То есть большая часть котлов КВГМ, находящихся в эксплуатации имеют существенный резерв увеличения производительности. Причем реконструкция, обеспечивающая снижение сопротивлений проточных частей выгодна тем, что позволяет увеличить подачу вентиляторов с одновременным снижением затрат энергии в аэродинамической системе.

## Список литературы

- 1 Бузников, У. Ф. Производственные и отопительные котельные [Текст] / У. Ф. Бузников, К. Ф. Раддатис, Э. Я. Берзиньш. – М. : Энергомашиздат, 1984.
- 2 ГОСТ 1616-90. Вентиляторы радиальные и осевые Размеры и параметры. – М. : Издательство стандартов, 1990.
- 3 Мазуренко, А. С. Совершенствование аэродинамических трактов парогазовой установки [Текст] / А. С. Мазуренко, В. А. Арсирый, Е. А. Арсирый, В. И. Кравченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 17(1126). – С. 49–52. – Бібліогр. : 5 назв. – ISSN 2078-774X.
- 4 Арсирый, Е. А. Интеллектуальный анализ при комплексном моделировании для повышения надежности работы энергетического оборудования [Текст] // Е. А. Арсирый, С. Г. Антошук, В. А. Арсирый, В. И. Кравченко // Науково-технічний журнал «Радіоелектронні і комп'ютерні системи». – 2012. – Харків : НАКУУ «ХАІ». – № 6(58). – С. 89–95. – ISSN 1814-4225.
- 5 Бутенко, А. Г. Сопротивление труб прямоугольного поперечного сечения [Текст] / А. Г. Бутенко // Труды Одесского политехнического университета: Научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. – Одесса, 2003. – № 1(19). – С. 221–223.
- 6 Бутенко, А. Г. Гідралічний розрахунок комбінованої системи очищення повітря [Текст] // А. Г. Бутенко, С. Ю. Смык // Праці Одеського політехнічного університету: Науковий та наукововиробничий збірник. – Одесса, 2011. – Вып. 1(35). – С. 190–194. – ISSN 2076-2429 (print), ISSN 2223-3814 (online).
- 7 Абдулин, М. З Струйно-нишевая система смесеобразования и стабилизации пламени [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук :05.04.01 Котли, парогенераторы та камери сгоряння / Абдулин Михаил Загретдинович ; КПИ. – Киев, 1986. 20 с.
- 8 Абдулин, М. З Развитие струйно-нишевой технологии в теплоэнергетике [Текст] / М. З. Абдулин М. В. Гребинная, А. А. Серый // Материалы VIII международной научно-практической конференции «Повышение эффективности энергетического оборудования – 2013». – Москва, 2013. – Т. 2. – С. 156–169.
- 9 Мазуренко, А. С. Повышение эффективности турбинных установок за счёт совершенствования проточных частей патрубков [Текст] / А. С. Мазуренко, В. А. Арсирый // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХП», 2005. – № 6. – С. 39–43. – Бібліогр. : 4 назв. – ISSN 2078-774X.
- 10 Arsiri, V. Reduction of noise and vibration of turbo machinery due to improvement of flowing part [Text] / V. Arsiri // Symposium on Compressor & Turbine Flow Systems – Theory & Application Areas <sup>2</sup>SYMKOM'08<sup>2</sup>. – 2008. – No. 2008/9. – P. 15–7.
- 11 Арсирый, Е. А. Оценка состояния сложных процессов при реинжиниринге энергетического оборудования [Текст] / Е. А. Арсирый, С. Г. Антошук, О. Ю. Бабилунга, В. А. Арсирый // Системи обробки інформації : Зб. наук. пр. – Харк. ун-т Повітр. сил ім. Івана Кожедуба, 2015. – Вып. 2. – С. 139–142. – ISSN 1681-7710.
- 12 Pat. PST 5.812.423 USA Method of determining working media motion and designing flow structures for same // Maisotsenko V. S., Arsiri V. A. – Publ. 22.09.1998.

## Bibliography (transliterated)

- 1 Buznikov, U. F., Raddatis, K. F. and Berzins, E. Ya. (1984), *Proizvodstvennye i otopitel'nye kotel'nye [Production and heating plants]*, Jenergomashizdat [Energomashizdat], Moscow, Russian.
- 2 (1990), *GOST 1616-90. Ventiljatory radial'nye i osevyje Razmery i parametry [Radial and axial fans. Dimensions and parameters]*, Izdatel'stvo standartov [Publishing Standards], Moscow, Russian.
- 3 Mazurenko, A. S., Arsiry, V. A., Arsirij, E. A. and Kravchenko V. I. (2015), *2Sovershenstvovanie ajerodinamicheskikh traktov parogazovoj ustanovki [Improving Aerodynamic Channels in the Steam and Gas Combined Cycle Plant]<sup>2</sup>*, *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 17(1126), pp. 49–52, ISSN 2078-774X.
- 4 Arsiriy, E. A., Antoshchuk, S. G., Arsiry, V. A. and Kravchenko, V. I. (2012), *2Intellektual'nyj analiz pri kompleksnom modelirovanii dlja povysheniya nadezhnosti raboty jenergeticheskogo oborudovanija [Data mining for complex simulation to improve reliability of power equipment]<sup>2</sup>*, *Naukovo-tehnichnyj zhurnal 2Radioelektronni i komp'juterni systemy<sup>2</sup> [Naukovo-tehnichny magazine "Radioelektronni i komp'juterni systemy"]*, no. 6(58), pp. 89–95, ISSN 1814-4225.
- 5 Butenko, A. G. (2003), *2Soprotivlenie trub prjamougol'nogo poperechnogo sechenii [Resistance tubes of rectangular cross-section]<sup>2</sup>*, *Trudy Odesskogo politehnicheskogo universiteta [Bulletin of the Odessa Polytechnic University]*, no. 1(19), pp. 221–223.
- 6 Butenko, A. G. and Smyk, S. Yu. (2011), *2Gidralichnyj rozrahunok kombinovanoi' systemy ochyshhenniya povitrya [Hydraulic calculation of the combined system of air purification]<sup>2</sup>*, *Praci Odes'kogo politehnichnogo*

- universytetu [Bulletin of the Odessa Polytechnic University], vol. 1(35), pp. 190–194, ISSN 2076-2429 (print), ISSN 2223-3814 (online)
- 7 **Abdulin, M. Z.** (1986), <sup>2</sup>Strujno-nishevaja sistema smeseobrazovanija i stabilizacii plameni [Jet-niche carburetion system and flame stabilization]<sup>2</sup>, Abstract of Ph.D. dissertation, Boilers, steam generators and the combustion chamber, KPI, Kiev, Ukraine.
  - 8 **Abdulin, M. Z., Grebinnaya, M. V. and Grey, A. A.** (2013), <sup>2</sup> Razvitie strujno-nishevoj tehnologii v teplojenergetike [Development of jet-niche technology in power]<sup>2</sup>, *Materialy VIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* <sup>2</sup>Povyshenie jeffektivnosti jenergeticheskogo oborudovanija – 2013<sup>2</sup> [Materials of the VIII International scientific-practical conference "Improving the efficiency of power equipment - 2013"], vol. 2, pp. 156–169.
  - 9 **Mazurenko, A. S. and Arsiriy, V. A.** (2005), <sup>2</sup>Povyshenie jeffektivnosti turbinnih ustanovok za schjot sovershenstvovanija protochnyh chastej patrubkov [Improving the efficiency of turbine installations by improving the flow parts of pipes]<sup>2</sup>, *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 6, pp. 39–43, ISSN 2078-774X.
  - 10 **Arsiri, V.** (2008), <sup>2</sup>Reduction of noise and vibration of turbo machinery due to improvement of flowing part<sup>2</sup>, *Symposium on Compressor & Turbine Flow Systems – Theory & Application Areas* <sup>2</sup>SYMKOM'08<sup>2</sup>, no. 2008/9, pp. 15–17.
  - 11 **Arsiriy, E. A., Antoshchuk, S. G., Babilunga, O. Y. and Arsiry, V. A.** (2015), <sup>2</sup>Ocenka sostojanija slozhnyh processov pri reinzhiniringe jenergeticheskogo oborudovanija [The assessment of the state of complex processes during the reengineering power equipment]<sup>2</sup>, *Systemy obrobky informacii* [Information processing systems], vol. 2, pp. 139–142, ISSN 1681-7710.
  - 12 **Maisotsenko, V. S. and Arsiri, V. A.** (1998), *Method of determining working media motion and designing flow structures for same*, USA, Pat. PST 5.812.423.

#### Сведения об авторах (About authors)

**Арсирій Василій Анатольевич** – доктор технических наук, профессор, Одесская Государственная Академия Строительства и Архитектуры, профессор кафедры Кондиционирования воздуха и механики жидкости; г. Одесса, Украина; e-mail: [arsiry@te.net.ua](mailto:arsiry@te.net.ua).

**Arsiri Vasyil** – Doctor of Technical Sciences, Professor, chef of Department air conditions and fluid mechanic, Odessa state academy of building and architecture, Odessa, Ukraine; e-mail: [arsiry@te.net.ua](mailto:arsiry@te.net.ua).

**Смирнова Валерия Александровна** – Одесская Государственная Академия Строительства и Архитектуры, ассистент кафедры Кондиционирования воздуха и механики жидкости, г. Одесса, Украина; e-mail: [valeriya.007@gmail.com](mailto:valeriya.007@gmail.com).

**Smyrnova Valeriya** – Assistant of Department air conditions and fluid mechanic, Odessa state academy of building and architecture, Odessa, Ukraine; e-mail: [valeriya.007@gmail.com](mailto:valeriya.007@gmail.com).

**Арсирій Елена Александровна** – доктор технических наук, профессор, Одесский Национальный политехнический университет, кафедра Информационных технологий; г. Одесса, Украина; e-mail: [arsiry@te.net.ua](mailto:arsiry@te.net.ua).

**Arsirii Olena** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Information systems department of Odessa nationality polytechnic university, Odessa, Ukraine; e-mail: [arsiry@te.net.ua](mailto:arsiry@te.net.ua).

*Пожалуйста ссылаетесь на эту статью следующим образом:*

**Арсирій, В. А.** Повышение производительности котлов за счёт снятия ограничений мощности по тяге и дутью [Текст] / **В. А. Арсирій, В. А. Смирнова, Е. А. Арсирій** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 10(1182). – С. 78–84. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.12.

*Please cite this article as:*

**Arsiri, V., Smyrnova, V. and Arsiri, E.** (2016), <sup>2</sup>Increasing Productivity of the Boiler by Eliminate the Limited Capacity of the Thrust and Blow<sup>2</sup>. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 10(1182), pp. 78–84, ISSN 2078-774X, doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.12.

*Будь ласка посилаетесь на цю статтю наступним чином:*

**Арсирій, В. А.** Підвищення продуктивності казана за рахунок зняття обмеження потужності по тягє і дутью [Текст] / **В. А. Арсирій, В. О. Смирнова, Е. О. Арсирій** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 10(1182). – С. 78–84. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2078-774X. – doi: 10.20998/2078-774X.2016.10.12

**АНОТАЦІЯ** На основі аналізу параметрів дутьювих трактів і режимів роботи вентиляторів запропонований варіант зняття обмежень теплової потужності котельних установок марки КВГМ по дутью за рахунок коригування аеродинаміки у вхідному патрубку вентилятора і допоміжних елементах дутьювого тракту типу «поворот». Пропонований варіант зняття обмежень теплової потужності є енергозберігаючим тому, що дозволяє істотно збільшити подачу повітря в котельню установку з одночасним зниженням витрат потужності на привід вентилятора.

**Ключові слова:** котельні установки, вентилятори, збільшення потужності, гідравлічні опори, візуалізація структури потоків.

*Поступила (received) 08.01.2016*