

# Наукові праці ДОНДТУ

Серія: МЕТАЛУРГІЯ

**ВИПУСК 18**



# МЕТАЛУРГІЯ

---

Донецький державний технічний університет

## *Випуск 18*

---

Донецьк – 2000

УДК 669.1:621.7

С93

Друкується за рішенням Вченої Ради  
Донецького державного технічного  
університету (протокол № 3 от 28.04.2000)

**Редакційна колегія:** д.т.н., проф., Мінаєв О.А. (голова), д.т.н., проф., Коновалов Ю.В., (зам. голови редакційної колегії), д.т.н., проф. Алімов В.І., к.т.н., доц. Єгоров М.Т., д.т.н., проф. Зборщик О.М., д.т.н., проф. Саф'янц С.М., д.т.н., проф. Седуш В.Я., д.т.н., проф. Смірнов О.М. (відп. секретар), к.т.н., проф. Шевченко В.П., д.т.н., проф. Ярошевський С.Л.

С93 Наукові праці ДонДТУ. Металургія. Випуск 18 / Редкол.: Мінаєв О.А. (голова) та інш. — Донецьк, ДонДТУ, 2000.

У збірнику наведені результати наукових досліджень та технологічних розробок у галузі сучасних металургійних технологій, обробки металів тиском, матеріалознавства та кристалізації металів, машин і агрегатів металургійних підприємств та інш.

Розрахований на фахівців у галузі теорії і практики металургійних процесів, обробки металів тиском, а також аспірантів та студентів відповідних спеціальностей.

Адреса редакційної колегії: Україна, 83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58, 1-й учбовий корпус, к.1.108, т.(0622) 92-20-04, факс (0622) 92-55-77.

© Донецький державний  
технічний університет, 2000

САФЬЯНЦ С.М., КОНСТАНТИНОВ Г.Е., ПОПОВ А.Л., САФОНОВА Е.К.  
(ДОНГТУ)

## ЦЕНТР ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА ПРИ ДОНЕЦКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ: ВОЗМОЖНОСТИ И НАКОПЛЕННЫЙ ОПЫТ

*Обобщены возможности и опыт работы Центра энергоменеджмента, включая адаптацию современных приборов к отечественным условиям, энергоаудит промышленных предприятий, компьютерный анализ данных.*

Уже более двух лет работает созданный при Донецком государственном техническом университете (ДонГТУ) на базе кафедры «Промышленная теплоэнергетика» при техническом содействии Совета международных научных исследований и обменов (IREX) Центр энергоменеджмента.

Основные функции Центра: обучение энергоменеджменту специалистов предприятий и учреждений Донбасса; проведение энергетического аудита на предприятиях и выдача рекомендаций по энергосбережению и новым технологиям; рекламномаркетинговая и информационная работа; участие в энергорынке и оказание юридической и технической помощи по взаиморасчетам за энергоносители; организация конференций и деловых встреч.

Для проведения энергетических обследований Центр располагает уникальным современным оборудованием, позволяющим, в частности, выполнять:

**1. Измерение расхода жидкости.** Ультразвуковой расходомер PORTAFLO MK-PIR, предназначен для определения направления и скорости потока жидкости, вычисления ее расхода (мгновенного и за заданный период времени). Условия эксплуатации: температура труб от  $-35$  до  $200^{\circ}\text{C}$ , скорость потока  $0-12$  м/с, диаметр труб  $15-2000$  мм. Производитель — фирма MICRONICS, Великобритания.

**2. Анализ дымовых газов и эффективности горения.** Портативный электронный газоанализатор KM9006 QUINTOX позволяет производить проверку, оперативную настройку и обслуживание котлов, газовых турбин, горелок, а также контроль выбросов оксидов углерода, азота, серы. Производитель — фирма Капе-Мау, Великобритания.

Прибор определяет:

- содержание  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{C}_m\text{H}_n$  в дымовых газах;
- коэффициент эффективности сгорания топлива;
- температуру дымовых газов, наружного воздуха, воздуха для горения;
- давление уходящих газов.

Запрограммированными видами топлива являются природный газ, коксовый газ, мазут, уголь.

**3. Дистанционное измерение температур поверхностей.** Инфракрасный бесконтактный цифровой термометр INTERTRACE KM 1000, измеряет температуры поверхностей и тепловые потоки от них в диапазоне  $0-1000^{\circ}\text{C}$  с разрешением  $1^{\circ}\text{C}$ , погрешностью не более  $0,7\%$ . Производитель — фирма COMARK (Испания).

**4. Анализ электрических сетей.** Портативный микропроцессорный анализатор электропотребления AR.4M, позволяет измерить по каждой фазе и суммарные: значения напряжения и тока; частоту и активную мощность; значения  $\cos\varphi$ ; реактивную мощность (индуктивную и емкостную); потребленную активную и реактивную энер-

гию (индуктивная и емкостная составляющие учитываются отдельно), а также запись параметров, в том числе: средние, максимальные и минимальные значения вышеуказанных параметров через промежутки времени от 1 с до 4 часов; графики тока и напряжения по каждой фазе; анализ гармоник до 15 порядка. Диапазон измерений: по напряжению от 20 до 800 В и по току от 0 до 2000 А с погрешностью не более 0,5%. Производитель — фирма CIRCUTOR, Испания.

Кроме того, значительно повышает эффективность обработки полученной информации электронный прибор сбора данных «SQUIRREL 1003», предназначенный для накопления информации, получаемой с 4 термопар, 4 каналов напряжения/тока, счетчика импульсов и цифрового канала, объем памяти 128 кБ (до 65000 показаний). Производитель — фирма GRANT (Великобритания). Он обеспечивает соединение вышеперечисленных приборов в единый измерительный комплекс и последующую обработку информации на компьютере.

Наличие такого оборудования позволяет обеспечить качественное обследование энергетических объектов, в том числе:

1. Котлы и печи: измерение режимных параметров, состава и температуры дымовых газов, присосов воздуха; составление теплового баланса; проверка качества питательной и продувочной воды; характеристик насосов, вентиляторов и дымососов; состояние и качество изоляции; составление режимной карты.

2. Бойлеры и теплообменники: проверка теплопередачи; проверка гидросопротивления; проверка состояния и качества изоляции; проверка герметичности контуров.

3. Распределительные пункты и трансформаторы: снятие суточных и недельных графиков нагрузки и реактивной мощности; измерение температуры контактов и проводников; выравнивание фаз; оптимизация графиков и нагрузок трансформаторов; снижение пиковой мощности; компенсация реактивной мощности.

Кроме того, проводятся соответствующие работы в системах: паровых; сжатого воздуха; отопления, вентиляции и кондиционирования; освещения; водоснабжения; холодильных установок; зданий и сооружений.

Выполнение работы включает в себя обследование объекта, машинную обработку и анализ полученных данных, разработку рекомендаций по повышению эффективности работы агрегатов.

При расчете коэффициента избытка воздуха, содержания в пробе газа диоксида углерода и оксидов азота, потерь теплоты с уходящими газами, а также к.п.д. процесса сжигания топлива портативный газоанализатор КМ9006 использует характеристики сжигаемого топлива. В памяти прибора записаны характеристики большого набора стандартных топлив, применяемых в странах Западной Европы и США. Имеется возможность ввода характеристик топлива с составом, не предусмотренным при программировании прибора (пользовательское топливо), однако методика и программные средства для их расчета фирмой не предоставляются. В связи с тем, что диапазон видов и марок топлив, применяемых на предприятиях нашего региона чрезвычайно широк, в ходе освоения газоанализатора мы разработали алгоритм расчета и реализовали его в виде электронных таблиц EXCEL. Программа рассчитывает для произвольного топлива следующие характеристики:

— долю тепла, выделяющегося при сгорании углерода топлива, по отношению к его высшей теплотворной способности:

$$K_{1g} = 255 \frac{C^p}{Q_g^p};$$

то же, по отношению к низшей теплотворной способности:

$$K_{1n} = 255 \frac{C^p}{Q_n^p};$$

— максимальное содержание углекислого газа в сухих дымовых газах:

$$K_2 = \frac{V_{CO_2}}{V_{CO_2} + \frac{79,1}{20,9} V_{O_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{SO_2}} \cdot 100, \%;$$

— относительные потери тепла на парообразование:

$$K_3 = \frac{9 \cdot H^p \cdot 2425}{Q_n^p};$$

— относительные потери тепла с окисью углерода:

$$K_4 = 23,58 \cdot 10^3 \cdot \frac{C^p}{Q_n^p}.$$

Это позволило использовать прибор при сжигании любого топлива.

За время работы Центра, самостоятельно и в сотрудничестве с Донецкой областной инспекцией по энергосбережению, нами проведены десятки обследований работы различных топливосжигающих агрегатов.

Примером такой работы может служить энергоаудит отопительной котельной 61-го квартала г. Донецка.

Перед началом проведения основных режимно-наладочных опытов проводились предварительные измерения с целью определения минимально-устойчивой и максимальной фактической нагрузки котла, определения основных эколого-экономических показателей работы котла при эксплуатационных режимах, составления перечня неполадок и дефектов оборудования, влияющих на экономичность и величину валовых выбросов токсичных компонентов, разработки рекомендаций по их устранению.

Завершающим этапом работы явились обработка полученных данных и анализ результатов, составление таблиц, схем, графиков, режимных указаний, анализ работы котлов и горелок, разработка рекомендаций по работе оборудования и снижению валового выброса токсичных веществ. График, наглядно демонстрирующий экономию топлива при работе котлоагрегата при нагрузке, близкой к номинальной, представлен на рисунке 1.

Расчетные значения к.п.д. брутто котлов находились в пределах 86,1–88,8% (проектный показатель котла ТВГ-8 составляет 90,3%), концентрация в уходящих газах оксидов азота не превышает проектный уровень (250 мг/м<sup>3</sup>). Наличие в уходящих газах значительных количеств монооксида углерода (до 0,7%) и кислорода (3–5,5%) свидетельствует о том, что по отдельным горелкам не выдерживалось нормальное соотношение газ — воздух. Это связано с тем, что расходы газа и воздуха измеряются только на котел в целом, а расходы на горелки регулируются по величинам давлений топлива и окислителя перед горелками.

Поэтому было рекомендовано установить на трубопроводах измерительные диафрагмы и смонтировать систему автоматического регулирования соотношения газ-воздух.

Расчеты показывают, что это позволит увеличить к.п.д. котла минимально на 1,5–2%. Установленные в котельной дымососы типа ДН-10 имеют недостаточную производительность и не позволяют повысить тепловую производительность котлов до уровня более 60% номинальной, поэтому их рекомендуется заменить дымососами ДН-12.5.

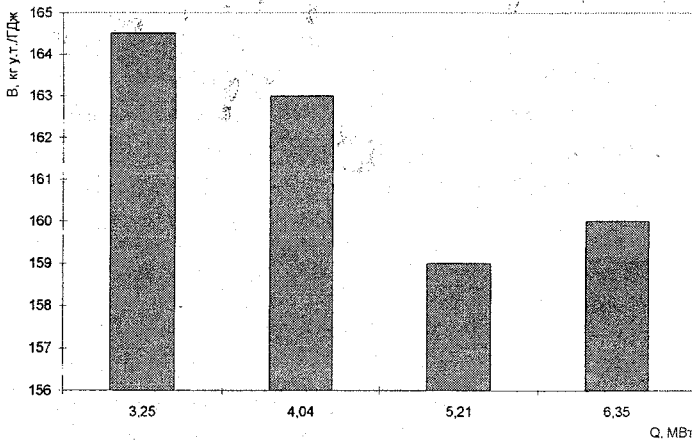


Рисунок 1 — Зависимость удельного расхода условного топлива от производительности котла

В то же время следует отметить, что при нынешнем состоянии оборудования минимальный удельный расход топлива (около 159 кг условного топлива на 1 ГДж выработанной тепловой энергии) достигается при тепловой производительности котла приблизительно 5,2 МВт (4,5 Гкал/ч или ~55% номинальной паспортной нагрузки), поэтому существующий режим можно считать экономичным.

Применявшийся нами в ходе данной работы газоанализатор QUINTOX наглядно продемонстрировал свои преимущества перед традиционным набором приборов, предназначенных для контроля работы топливо сжигающего оборудования. Это простота обслуживания, оперативность работы, высокая точность и стабильность измерений, первичная обработка полученных данных непосредственно прибором и возможность передачи полученных результатов в компьютер для последующего анализа. Благодаря этому газоанализатор QUINTOX может использоваться вместо всего комплекса приборов, применявшихся до настоящего времени при обследовании котлоагрегатов по стандартной методике.

На ряде обследованных предприятий были обнаружены серьезные нарушения в работе агрегатов. Наиболее распространенными среди них являются неплотности газового тракта, экономайзера и воздухоподогревателя, что приводит к подсосам наружного воздуха и перетокам горячего воздуха в дымовой тракт, и неравномерное распределение топлива и воздуха между отдельными горелками. В ряде случаев это приводило к недопустимому повышению общего коэффициента расхода воздуха и снижению к.п.д. котлоагрегата на 30–40% по сравнению с нормативным. Опыт работы Центра показывает, что внедрение комплекса энергосберегающих мероприятий обеспечивает, в зависимости от специфики и состояния энергопотребляющих агрегатов, экономию от 5 до 40% энергоносителей. При этом некоторые из таких мероприятий оказываются без- или малозатратными.

Таким образом, имеющийся в распоряжении Центра энергоменеджмента комплекс современных приборов и накопленный опыт позволяют на высоком уровне проводить энергоаудит промышленных предприятий и выработать рекомендации, реализация которых обеспечивает значительную экономию энергоносителей.

Международная конференция «металл — 2000» .....	3
Минаев А.А., Лубенец А.Н., Смирнов Е.Н., Щербачев В.В., Несвет В.В., Смирнов А.Н. Исследование особенностей производства полосульбовых профилей из непрерывнолитых заготовок .....	6
Сафьянц С.М., Константинов Г.Е., Попов А.Л., Сафонова Е.К. Центр энергоменеджмента при Донецком государственном техническом университете: возможности и накопленный опыт .....	18
Ростовский В.И., Кравченко А.В. Исследования получения агломерата с добавкой шламо-известковой смеси металлургического производства.....	22
Кравцов В.В., Шелудченко В.И, Каланчук А.П. Описание затвердевания непрерывнолитой стальной заготовки круглого сечения .....	26
Тищенко П.И., Тимошенко С.Н., Зуйкова З.Г. Математическая модель расчета водоохлаждаемых элементов дуговых печей на основе минимизации потерь энергии.....	31
Синяков Р.В., Храпко С.А. Оптимизация окислительного периода в высокомошной ДСП.....	36
Торшин А.М., Коломота В.Н. Модернизация дуговой сталеплавильной печи ДСП-100НЗА ОАО «Донецкий металлургический завод» .....	41
Дюдкин Д.А., Онищук В.П., Ковалев А.Г., Кисиленко В.В. Легирование и корректировка химического состава стали порошковыми проволоками .....	43
Ахонин С.В., Ахонин В.И. Влияние технологических параметров электронно-лучевой плавки на содержание алюминия в слитках титановых сплавов .....	48
Егоров Н.Т. Интенсивные технологии деформационно-термической обработки толстолистовой стали .....	52
Маняк Н.А. О комплексном подходе к повышению качества пружинной стали для сельхозмашиностроения.....	58
Рябцев А.Д., Троянский А.А., Пашинский В.В., Тарлов О.В., Бенц М. Дж. Исследование механизма разрушения нитридных включений в титановых сплавах при электрошлаковом переплаве под «активными» металлосодержащими флюсами .....	65
Заика В.И., Кащенко Ю.А. Влияние неметаллических включений на кинетику выделения водорода из твердой стали.....	69
Коровайченко Ю.Н. Вплив термоциклічної обробки на обробляємість металу відновлених або зміцнених деталей.....	75
Смирнов А.Н., Минц А.Я., Гиниятуллин Р.В. Гармонизация элементов футеровки ковшей для агрегата «печь — ковш» в зависимости от технологических условий производства и разливки стали.....	79



Алимов В.И., Крымов В.Н., Максаков А.И., Маншилин А.Г., Теряев А.М. Влияние плазменного воздействия на свойства калиброванной высокоуглеродистой стали.....	89
Kliber J. Stress-strain curve .....	94
Шум В.Б. Усовершенствование систем калибровок для прокатки симметричных полосульбовых профилей .....	106
Дубина О.В., Маншилин А.Г., Шульгин Г.М., Солод В.С., Бейгельзимер Я.Е., Спусканиук А.В. Свободное формоизменение полосы в процессе двухручье-вой прокатки-разделения .....	112
Яковченко А.В., Лоскутов А.Ю. Экспериментально-теоретический метод расчета оптимальной кривой скорости роста диаметра кольца в процессе его прокатки.....	116
Жучков С.М., Оробцев А.Ю., Кулаков Л.В., Шувякова И.В. Задачи исследования процесса прокатки разделения с использованием автономных неприводных делительных устройств .....	123
Кашаев В.М., Дронов О.Л. Определение нейтральных углов и опережений при комбинированном процессе прокатки и волочения в круглом калибре .....	129
Кашаев В.В. Исследование влияния числа одновременно прокатываемых ниток на точность продукции стана 150 ОАО «ММК» .....	134
Руденко Е.А. Влияние неравномерного обжатия по ширине на параметры формоизменения торцов раскатов в плане при черновой прокатке полос и толстых листов.....	136
Анохина И.Ю. Изменение механических свойств металла при профилировании .....	138
Еронько С.П., Богацкий В.М., Ошовская Е.В. Исследование и разработка шнекового дозатора с улучшенными рабочими характеристиками для ввода реагентов в жидкий металл .....	141
Аннотации.....	147

Аликин В.Н., Крымов В.Н., Мансаков А.Н., Маминский А.Г., Терещук А.М. Влияние плазменного воздействия на свойства калиброванной высокоуглеродистой стали..... 89

Kilber J. Stress-strain curves ..... 94

Шум В.Б. Усовершенствование систем калибровки для проката симметричных полесобудованных профилей ..... 106

Дубина О.В., Маминский А.Г., Шульгин Г.М., Солод В.С., Бойков-Вилмер Я.Е., Стускивич А.В. Свободное формоизменение полесы в процессе докучуговой прокатки-разделки ..... 112

Яковченко А.В., Дыкутов А.Ю. Экспериментально-теоретический метод расчета оптимальной крутки для проката кольца в процессе его прокатки ..... 116

## Наукові праці ДонДТУ

серія: **Металургія**

(російською мовою)

Жучков С.М., Орбачев В.В., Руденко Е.А., Руденко И.В. Задания после дозавки процесса прокатки разделения с использованием антропоидных делительных устройств ..... 123

Капачев В.М., Дренов О.А. Определение нейтральных углов и окружной скорости вальцов при процессе прокатки и волочения в круглом калибре ..... 129

Капачев В.В. Исследование влияния частоты одновременно прикладываемых нагрузок на точность волочения стали 19 ОАО «ММК» ..... 134

Руденко Е.А. Влияние температурного режима на параметры формоизменения торцевых элементов в процессе прокатки полесы и толстых листов ..... 136

Анохина И.Ю. Изменение формы торцевых элементов при профилировании ..... 143

Засновник — Донецкий державний технічний університет (ДонДТУ)

Видавець — Донецкий державний технічний університет (ДонДТУ)

Редакційна колегія: Мінаєв О.А. (голова) та інші.

Рекламно-видавнича агенція ДонДТУ

83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58, Гірничий інститут, 9-й учбовий корпус

Тел.: (0622) 99-99-94, 90-36-31

**Minaev A.A., Lubenec A.N., Smirnov E.N., Scherbachev V.V., Nesvet V.V., Smirnov A.N.** Research of peculiarities productions hot rolled bulb flats of the continuous cast billet. For the first time in Ukraine made parties experience-industrial and experienced hot rolled bulb flats of the continuous cast billet, describing by greater homogeneity of mechanical properties, high viscosity and plasticity.

*As researches result of technological process and quality of big-section symmetric rolled bulb flats of the continuous cast billet is shown a principled possibility of their production on level of leading world standards.*

**Safyants S.M., Konstantynov G.E., Popov A.L., Safonova E.K.** Energy Management Centre attached to Donetsk state technical university: possibilities and background of experience.

*The possibilities and working experience of the Energy Management Centre are generalised in this paper, including adaptation of the modern instruments to domestic conditions, energy audit of industrial enterprises, computer data analysis.*

**Rostovsky V.I., Kravchenko A.V.** Laboratory studies of deriving of an agglomerate with the component of the mixture of slime and lime of metallurgical production.

*The technological schema and installation for blending dry wastes of metallurgical production and condensed slime permitting to gain a free-flowing yield with given final damp are designed. The laboratory studies on deriving an agglomerate with usage of a mixture of slime and lime are held, on a foundation which one is drawn a conclusion, that a mixture of slime and limy dust are intensifiers of process of an agglomeration at their rational introducing in a composition of iron-ore charge.*

**Kravtsov V.V., Sheludchenko V.I., Kalanchuk A.P.** Description of Hardening Round Billets of Continuous Casting

*At present in home and foreign industry while producing the wirerod the engines of the continuous casting machines (CCM) are used. Power resources consumption can be cut considerably while getting finished products if you get part of the rolling billets with cross-sectional dimension close to that of final cross section.*

**Tischenko P.I., Timoshenko S.N., Zyzkova Z.G.** A mathematical model for arc furnace water cooled panels dimensioning on the base of minimization of heat losses.

*A mathematical model for arc furnaces water cooled panels dimensioning on the base of minimization of heat losses has been elaborated. It can be used in automatic designing systems.*

**Siniakov R.V., Khrapko S.A.** Superpowerful EAF oxidizing period optimization.

*Superpowerful EAF oxidizing period optimization system is created on the basis of thermal and material balances. The system allows to clock heating of metal to given temperature and obtaining of a demanded elemental composition. Designed model and the algorithms are intended for automatic control systems of a steelmaking process in superpowerful EAF, and also for automated design engineering systems of melt technology.*

**Torshin A.M., Kolomota V.N.** The EAF modernization DSP 100 N3A enterprise «Donetsk metallurgical plant».

*The EAF modernization has allowed to enlarge input capacity level, to reduce a melting duration and to increase steel's production efficiency.*