

ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ 3.1.

ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ, ВКЛЮЧАЯ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИКИ И ГЛОБАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИКИ; ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ; ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ТОПЛИВ

Программа 3.1.1. Теоретические основы обоснования развития энергетики и энергоэффективных технологий, управления системами энергетики

В Институте систем энергетики им. Л. А. Мелентьева исследована конкуренция технологий малой энергетики в составе автономной энергосистемы. В составе системы допускалось наличие любого сочетания следующих типов источников: ветроэнергетических установок (ВЭУ), газогенераторной электростанции (ГГЭС), водородного топливного элемента (ТЭ) с электролизером и системой хранения водорода, дизельной электростанции (ДЭС). Определяли оптимальную структуру энергосистемы в зависимости от среднегодовой скорости ветра и цены дизельного топлива для условий Сибири при цене биомассы 2,7 USD/ГДж. Как видно из рис. 1, конкурентоспособность газогенераторной электростанции даже при верхней оценке стоимости биомассы весьма высока. При современной цене дизельного топлива 14—15 USD/ГДж (около 450 USD/т у. т.) ДЭС выгодно использовать только для покрытия пиковых нагрузок. В районах со среднегодовой скоростью ветра 6 м/с и выше рентабельно устанавливать ВЭУ в энергосистеме, состоящей из ДЭС и ГГЭС. С увеличением цены дизельного топлива ГГЭС сначала вытесняет ВЭУ, а затем и ДЭС.

В том же Институте разработан универсальный метод управления динамическими процессами в энергетическом паровом котле, основанный на методах оптимального управления. На рис. 2 показаны графики изменения параметров работы котла во времени, полученные при применении метода оптимального управления динамическими процессами и при использовании обычных пропорционально-интегрально-дифференциальных (ПИД) регуля-

торов. Как видно из графиков, при формировании управляющих воздействий с помощью предложенного метода достижение требуемой нагрузки и стабилизация параметров котла происходят значительно быстрее, чем при применении ПИД-регуляторов.

Экспериментально доказано существование сверхнизкой скорости волны давления, сопоставимой с равновесной скоростью звука в парожидкостной среде, вплоть до больших возмущений. Установлена зависимость полученной скорости при малых объемных паросодержаниях от крутизны переднего фронта волны давления (рис. 3). В то же время в области больших паросодержаний, $\phi > 0,5$, скорость распространения давления оказывается ниже равновесной скорости при всех рассмотренных возмущениях. Полученные результаты убеждают в наличии устойчивого эффекта проявления термодинамического равновесия в парожидкостном потоке с плотноупакованным слоем твердых частиц.

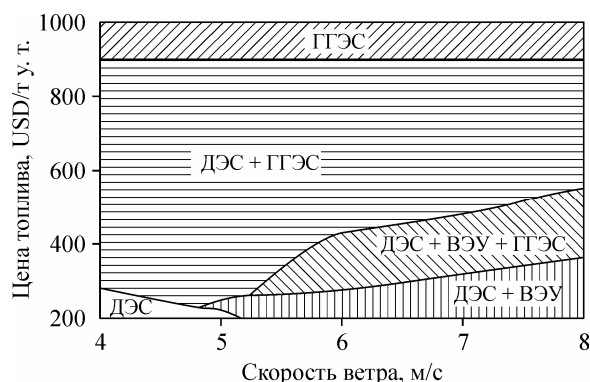


Рис. 1. Конкуренция технологий в составе интегрированной автономной энергосистемы.

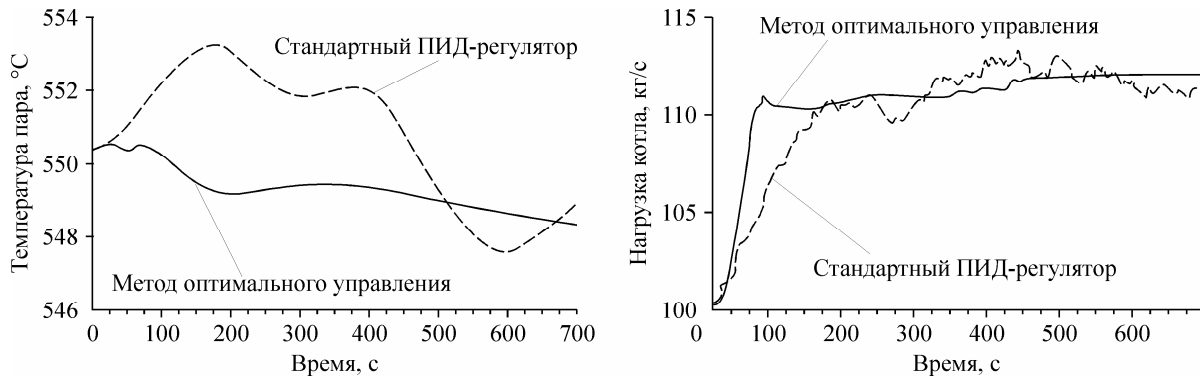


Рис. 2. Изменение параметров котла во времени при управляющих воздействиях с использованием метода оптимального управления и стандартного ПИД-регулятора.

В Институте физико-технических проблем Севера для решения задач невыпуклого квадратичного программирования разработан новый метод ветвей и границ с отсечениями. Основными операциями этого метода являются: аппроксимация невыпуклой квадратичной функции выпуклой опорной функцией-мажорантой и вогнутой опорной функцией-минорантой, построение отсечения при помощи построенных опорных функций, использование отсечений в $(n + 1)$ -мерном пространстве для получения оценки снизу глобального минимума целевой функции. Проведено предварительное тестирование метода на известных тестовых примерах, показавшее хорошую работоспособ-

ность метода в задачах с числом переменных 10—50. На рис. 4 приведены основные показатели, используемые при описании нелинейной транспортной задачи в виде системы линейных уравнений и в виде задач оптимизации. При описании в виде системы линейных уравнений используется непосредственно зависимость предельных издержек $y_j = f_j(x)$ от интенсивности потоков. В исходной задаче оптимизации в минимизируемую целевую функцию входят переменные издержки на перевозки, представленные площадью $F_j(x_j)$. В двойственной задаче оптимизации в минимизируемую целевую функцию входят дополнительные доходы, представленные площадью $\Phi_j(x_j)$.

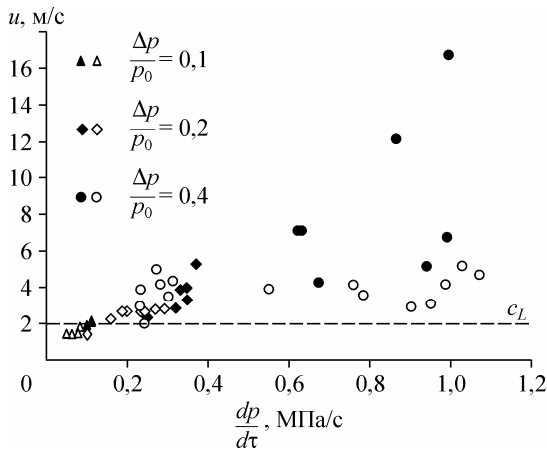


Рис. 3. Зависимость скорости распространения волны давления в парожидкостном потоке с шаровой засыпкой $d = 8$ мм (свинец) при $p_0 = 0,2$ МПа от скорости нарастания волны давления при различной амплитуде возмущения (темные точки — при $\varphi < 0,5$; светлые точки — при $\varphi > 0,5$, c_L — скорость звука Ландау).

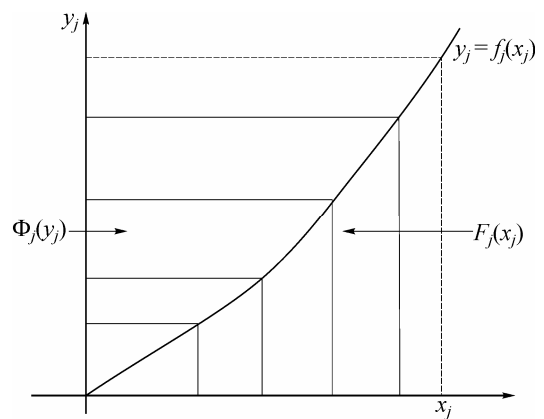


Рис. 4. Взаимосвязи интенсивности потока x_j и тарифов по предельным затратам y_j при транспортировке по дуге j .

Площадь $F_j(x_j)$ — затраты на транспортировку; площадь $\Phi_j(x_j)$ — дополнительный доход; величина $y_j x_j = F_j(x_j) + \Phi_j(x_j)$ — стоимость перевозки при тарифах по предельным издержкам.