

различные соединения ароматического характера, которые разрыхляют структуру волокна, из-за чего температура стеклования уменьшается. Это позволяет обеспечивать крашение на имеющемся оборудовании. Однако выбор интенсификаторов ограничивается рядом требований, например, должны полностью вымываться, отсутствие токсичности, не должны влиять на конечный цвет.

Основными печатно-техническими характеристиками качества печати по трикотажу из полиэфирного волокна рассматривались: выход цвета, четкость контуров отпечатка, глубина проникновения печатных чернил, ровнота окраски отпечатка.

Разработанная технология позволяет обеспечить достаточно высокое качество печати: ровнота печати (99,5 %), четкость контуров (100 %). Обеспечивается высокий выход цвета – 91 %.

Испытания к стиркам и к поту показали, что введение различных интенсификаторов ароматического строения, независимо от их влияния на цвет, обеспечивают высокую устойчивость получаемой окраски к стирке и к поту 4-5 баллов, причем наблюдается тенденция углубления цвета в случае ацетилсалициловой кислоты, фталевой кислоты и оксинафтойной кислоты. Вероятно, это связано с пространственной переориентацией молекул красителя в структуре волокна, которая подверглась частичной реструктуризации в результате воздействия интенсификаторов. Кроме того, установлено, что введение ряда интенсификаторов способствует повышению чистоты окраски, причем строение красителя является немаловажным фактором.

УДК 697.9

ДВУНАПРАВЛЕННЫЕ КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА

Королёва Т.И., доц., Зафатаев В.А., ст. преп.

Полоцкий государственный университет,

г. Новополоцк, Республика Беларусь

Реферат. В статье показана зависимость между термодинамической эффективностью теплообмена и экономическими затратами на ведение процесса для промышленного тепловентилятора. Подчёркнута целесообразность введения наряду с традиционными технико-экономическими критериями двунаправленных критериев оптимизации, включающих также и термодинамические характеристики установки.

Ключевые слова: эксергия, ребристая трубка, технико-экономическая оптимизация, критерий эффективности.

Проведение технологического процесса невозможно без поддержания в помещении определенного температурного режима, приемлемого для пребывания людей, эксплуатации оборудования, а также изготовления, сушки и хранения продукции. В структуре затрат на работу инженерных систем обеспечения требуемых санитарно-эпидемиологических условий микроклимата помещений удельный вес топливно-энергетических ресурсов в Республике Беларусь составляет более 55 %, что критично в условиях постоянного роста цен на импортируемые энергоресурсы. В основе проведения комплексной политики энергосбережения лежит трудоёмкая работа по оценке технических, технологических и экономических возможностей реконструкции схем энергопотребления, которая носит наименование технико-экономической оптимизации.

При выборе критерия оптимизации немаловажным является его итоговая «показательность», другими словами потребитель ТЭР должен видеть не только реальную экономию финансовых средств за счёт энергосберегающего мероприятия. Побочным стимулом к энергосбережению должно являться сохранение (а в идеале – повышение!) качества производимой продукции или оказываемой услуги.

Давая технико-экономическую оценку энергосберегающим мероприятиям принято оценивать эффективность вариантов путём приведения расхода топливно-энергетических ресурсов к единому показателю – т.у.т.

В работе [1] в качестве целевой функции оптимизации предложены годовые приведенные эксергетические затраты, включающие две основные статьи затрат:

переменную составляющую (зависит от требуемой мощности на прокачку теплоносителей через аппарат, стоимости теплоносителя, тепловой энергии на его получение, отчислений от инвестиций и интенсивности теплопередачи), и постоянную составляющую (зависит от величины поверхности теплообмена (она же определяет величину закупочных цен на оборудование и затрат на строительно-монтажные работы, подключение к сетям и пусконаладку)).

Современный подход в разработке и применении технико-экономического метода оптимизации энергопреобразующих систем содержится в работах Дж.Тсатсарониса [2]. Автор вводит понятия «эксергии топлива EF», под которым понимает эксергию входящей в «компонент» (аппарат) системы среды, потенциал которой будет полезно использоваться в данном «компоненте» по технологическому назначению, понятие «эксергии продукта EP», т.е. эксергию среды, покидающей «компонент» после получения ею потенциала «топлива», а также термо-экономические критерии: относительное различие цен «продукта» и «топлива» по k-му компоненту и эксергоэкономический фактор k-компонента. Чем выше значения введенных термоэкономических критериев, тем эффективность k-компонента выше, но тем и выше приведенные часовые капитальные и эксплуатационные затраты.

Тепловентилятор является самостоятельной единицей оборудования внутренних инженерных систем обеспечения требуемых санитарно-эпидемиологических условий микроклимата помещений. Он включает следующие основные элементы: рекуперативный теплообменник с биметаллическими ребристыми трубами, радиальный вентилятор и водяной насос. Благодаря использованию принципа принудительной конвекции тепловентилятор не только поддерживает необходимый температурный режим внутри помещений, но и способствует борьбе с сыростью, бактериями и грибковой плесенью, ухудшающими потребительские свойства готовой продукции и санитарно-эпидемиологические условия пребывания работающих. Тепловентилятор, блокированный в корпусе воздушно-тепловой завесы, помимо прочего, призван не допускать попадания в помещение пыли и насекомых.

Согласно ГОСТ 26548-85 исследованиям на основе разработанной математической модели теплообмена [3] были подвергнуты модели № 9 из выпускаемого ряда калориферов тепловентилятора. Постоянными и заданными являлись габаритные размеры обечайки калориферов, длина биметаллической ребристой трубки, температуры греющего и нагреваемого теплоносителей (вода и воздух соответственно), температура отсчёта эксергии, число ходов по воде и оптимальная скорость набегающего потока в сжатом сечении воздушнонагревателя, число часов эксплуатации нагревательной установки в году (в расчётах использовалась средняя температура наружного воздуха и продолжительность отопительного периода для Витебской области), давления обоих теплоносителей на входе в подогреватель. Варьируемыми параметрами являлись шаг рёбер, толщина стенок стальной и алюминиевой труб, поперечный и продольный шаги труб в пучке, высота и толщина рёбер.

Результаты расчётов представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что величина теплопроизводительности сама по себе в отдельности не может служить критерием выбора теплообменной установки, поскольку вариант исполнения компоновки прямым образом влияет не только на термодинамические, но и на экономические характеристики. Так установка со степенью оребрения $\varphi_{op} = 9,4$, имеющая наименьшую теплопроизводительность, имеет более выгодные экономические показатели, а термодинамическая эффективность процесса теплообмена, выраженная величиной приведенного коэффициента теплопередачи, у неё наивысшая среди исследованных компоновок.

Возвращаясь к обсуждению «показательности» критериев эффективности следует отметить однонаправленность традиционных технико-экономических показателей – годовых затрат на тепловую и электрическую энергию в выражении условного топлива. Эти критерии имеют наименьшую величину для компоновки с $\varphi_{op} = 9,4$, что является выгодным только с экономической точки зрения. При этом о термодинамической эффективности, в нашем случае, процесса теплообмена информации эти критерии не несут. Годовые приведенные затраты на единицу эксергии и относительное различие цен «продукта» и «топлива» по Тсатсаронису являются двунаправленными критериями эффективности, поскольку помимо экономической составляющей содержат в себе и термодинамические параметры. В

рассматриваемом случае у компоновки с $\varphi_{op} = 9,4$ термодинамическая эффективность выше, чем у остальных компоновок в выражении на Гкал полезной эксергии (тем самым подчёркивается лучшее, чем в других компоновках, качество «получаемого продукта» - закон рыночной экономики: за качественный продукт потребитель должен платить больше), однако при переводе эксергетического эффекта в затраты условного топлива двунаправленность критерия теряется, оставляя возможность оценки эффективности процесса лишь с экономической точки зрения.

Таблица 1 – Результаты технико-экономической и термо-экономической оценки эффективности тепловентилятора

Параметр	Обозн.	$\varphi_{op}=9,4$ КСк3-9	$\varphi_{op}=15,8$ КСк3-9	$\varphi_{op}=20,0$ КСк3-9	$\varphi_{op}=9,4$ КСк4-9	$\varphi_{op}=15,8$ КСк4-9	$\varphi_{op}=20,0$ КСк4-9
Коэф. теплопередачи, относимый к рёбрам, Вт/(м ² ·°С)	k2	46,57	41,45	38,15	45,14	40,07	36,40
Теплопроизводительность, Гкал/год	Q	86,11	98,71	114,77	111,29	127,21	146,01
Стоимость тепловой энергии как условного топлива, BYN/год	3 _Q	6914,42	7926,22	9215,96	8936,60	10214,41	11724,49
Стоимость электрической энергии как условного топлива, BYN/год	3 _э	298,19	347,15	347,60	299,35	348,26	348,75
Годовые затраты на единицу эксергии, BYN/Гкал		857346,5	824604,0	824296,1	867748,7	836378,6	836066,6
Годовые затраты на единицу эксергии, млн.BYN/т у.т.		5,04	4,85	4,85	5,10	4,92	4,92
Годовые затраты на единицу эксергии, млн. BYN/год		84,20	92,90	107,34	109,13	120,30	137,45
Относительное различие цен «продукта» и «топлива»	r	71923	69155	69130	73084	70151	70125
(1 «минус» Эксергоэкономический фактор)	(1 – f)	$5,780 \cdot 10^{-5}$	$6,012 \cdot 10^{-5}$	$6,014 \cdot 10^{-5}$	$5,689 \cdot 10^{-5}$	$5,926 \cdot 10^{-5}$	$5,929 \cdot 10^{-5}$

Кроме того, показательными являются сами величины годовых затрат на единицу эксергии, а также эксергоэкономического фактора Тсатсарониса, поскольку они выражают прямую взаимосвязь с термодинамическим эффектом процесса и стоимостью его ведения (капиталовложениями и эксплуатационными расходами). В рассматриваемом случае термодинамический эффект подогрева воздуха, отнесённый на рост его эксергии, несоизмеримо мал в сравнении с экономическими затратами на закупку самой установки и её эксплуатацию, что особенно показательно по величине эксергоэкономического фактора. Тем самым подтверждается известный факт из второго начала термодинамики о том, что за счёт термодинамической необратимости процессов перехода теплоты с одного температурного уровня на другой на конечных звеньях цепочки теплового перехода (в нашем случае конечным звеном является вентилируемое помещение, куда подаётся нагретый в калорифере воздух) величина остатка эксергии первичного топлива близка к нулю, другими словами на указанных конечных звеньях используется критически малая часть первичной энергии источника, а финансовое покрытие деградации эксергии на предыдущих звеньях неоценимо дорого.

Таким образом предлагаемые двунаправленные критерии являются в большей степени стимулирующими к разработке, внедрению и проведению мероприятий по энергосбережению потребителями топливно-энергетических ресурсов.

Список использованных источников

1. Зафатаев, В.А., Королёва Т.И. (2011), Thermo-economic optimization theory application to heat exchange process [Применение теории термоэкономической оптимизации к процессам теплообмена], European and National dimension in research, Materials of the conference. P.3, Technology, Novopolotsk, 2011, pp. 66-69.
2. Тсатсаронис, Дж. (2002), Взаимодействие термодинамики и экономики для минимизации стоимости энергопреобразующей системы; перев. Т.В. Морозюка,

Одесса, 152 с.

3. Зафатаев, В.А. (2013), Оценка термодинамической и термoeкономической эффективности теплообменных установок, отчёт о НИР, ГР 20130524, Новополюцк, 114 с.

УДК 378.147:547

ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЫ

Кузьменок Н.М., доц., Михалёнок С.Г., доц.

Белорусский государственный технологический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

Реферат. Формирование экологического сознания при выполнении химического эксперимента предполагает организацию лабораторного практикума в контексте экологической парадигмы. Это достигается включением в учебный процесс современных международных стандартов классификации и маркировки химических веществ, новой подачей методик органического синтеза, разработкой схем утилизации и повторного использования химических реагентов и растворителей.

Ключевые слова: экологическое сознание, классификация и маркировка химических веществ, СГС-система, утилизация отходов, регенерация реагентов и растворителей, лабораторный практикум, органическая химия.

Основным направлением инновационного процесса преобразования лабораторного практикума по органической химии является акцентирование внимания на формировании экологического мышления как элемента научного мировоззрения будущего инженера-химика-технолога. В этой связи практически во все естественнонаучные дисциплины в качестве целевых компетенций включаются экологические знания. Мы исходим из того, что когнитивный потенциал учебного процесса в высшей школе не ограничивается только информационным потоком лекционных курсов и практических занятий. Существенный вклад в формирование экологического сознания при изучении химии могут внести соответствующим образом организованные лабораторные работы. Тем не менее, серьёзной проблемой является то, что в традиционных лабораторных практикумах, в частности по органической химии, недостаточно внимания уделяется экологическим аспектам конкретного химического эксперимента.

Известно, что на начальной стадии выполнения лабораторного практикума в любом курсе химии учебными планами предусматривается знакомство с безопасными правилами работы в лаборатории, физиологическим воздействием химических соединений на организм человека, классами их опасности и приёмами первой помощи в экстренных ситуациях. Вместе с тем в современных практикумах по химии недостаточно, или вообще не уделяется внимания изучению современной системы классификации и маркировки химических веществ и смесей, созданной ООН с целью приведения к единому стандарту критериев оценки опасности веществ, используемых в разных странах, а также систем маркировки и сообщений об опасности. Эта система известна как «Согласованная на глобальном уровне система классификации и маркировки химических веществ» (СГС, англ. *GHS*) и переход на нее уже осуществлен с 1 июня 2015 года [1]. Элементы системы включают классификацию веществ по опасности H (от англ. *Hazard statements*), к которым относятся физические опасности, обозначаемые первой цифрой 2 (в нижнем индексе рядом с буквой H), опасности для здоровья человека – цифрой 3, опасности для окружающей среды – цифрой 4, элементы маркировки, к которым относятся пиктограммы опасности, сигнальные слова, H- и P-фразы и другие, а также сертификат безопасности. В соответствии с принципами кодификации краткие характеристики безопасности – H-фразы, представляют собой унифицированные предупреждения о характере или степени опасности и имеют общий вид H_{xy} , где индекс x указывает упомянутый выше тип опасности, а при помощи последующих двух цифр уу нумеруются конкретные опасности, возникающие в связи с присущими химическому веществу свойствами. Меры предосторожности записываются кодом вида P_{xy}