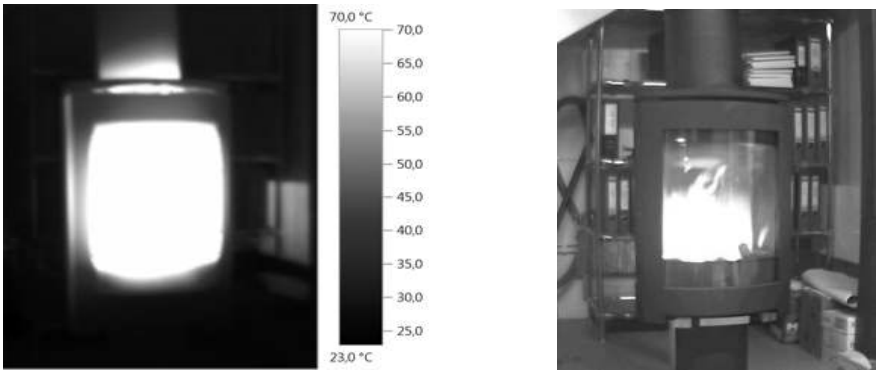
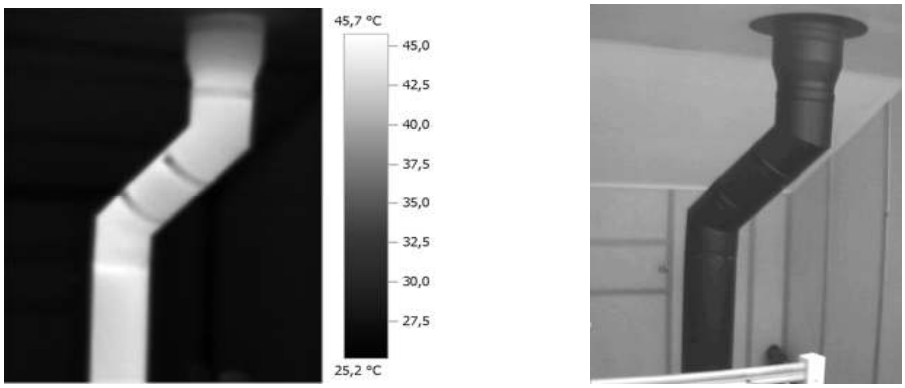


а)



б)

Рис. 3. Тепловизионные и реальные снимки: *а* – камина; *б* – верхней части газохода

Энергетическое использование биотоплива и торфа в теплогенерирующих установках малой мощности для модульного домостроения является актуальным и перспективным направлением как региональной, так и государственной политики.

Литература

1. *Любов, В.К.* Повышение эффективности энергетического использования биотоплив / В.К. Любов, С.В. Любова. – Архангельск, 2010.

УДК 697.432

В.К. Любов, А.Н. Попов, О.Д. Мюллер

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖИГАНИЯ ДРОВ В СТАЛЬНЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛАХ

Рассмотрены основные результаты энергетического обследования водогрейных котлов, работающих на дровах.

Водогрейный котел, топка, дрова, оксиды азота и углерода, потери теплоты.

The paper considers the basic results of energy examination of hot water boilers working on woods.

Hot water boiler, furnace, fire-wood, nitrogen and carbon oxides, loss of heat.

В городах с небольшой плотностью застройки и населенных пунктах сельской местности эксплуатируется большое количество котельных малой мощности, оборудованных водогрейными котлами различных модификаций. Котлы коммунальной энергетики часто являются немеханизированными и обслуживаются вручную. Исследования по определению технико-экономических и экологических показателей работы объектов коммунальной энергетики в Архангельской области проводились на ограниченном ко-

личестве объектов [2] – [4], поэтому работы, выполненные на стальных водогрейных котлах КВр-0,93КД, КВр-1,16КД и КВБр-1,16-95КД ООО «Ижевский котельный завод» и ЗАО «Алтайтеплокомплект», имеют значительный научный и практический интерес.

Энергетическое обследование проводилось на двух отопительных котельных. В первой котельной функционирует семь стальных водогрейных котлов марки: КВр-0,93КД – 3 шт., КВр-1,16КД – 2 шт., КВБр-1,16-95КД – 1 шт., КВм-2,33-95 – 1 шт. При проведении обследования все котлы находились в работе. С момента установки водогрейные котлы отработали от двух до восьми лет при нормативном сроке эксплуатации 10 лет. Котлы № 1 – 6 оборудованы индивидуальными водяными экономайзерами и работали на дровах (ель+береза). При этом влажность ели (W_t^r = 52,88 %) имела более высокие значения, чем березы (W_t^r = 42,22 %). Прямоточный водогрейный котел КВм-2,33-95 № 7 оснащен механической топкой с шурующей планкой (ТШПМ-2,5) и имеет встроенный экономайзер. При проведении энергетического обследования он работал на Черемховском каменном угле марки Д.

Во второй котельной установлено пять стальных водогрейных котлов, из них два – Ижевского котельного завода (КВр-1,16 КД) и три – ЗАО «Алтайтеплокомплект» (КВБр-1,16-95КД). Все установленные котлы при проведении энергообследования находились в работе. С момента установки водогрейные котлы отработали два года. Котлы оборудованы индивидуальными экономайзерами и работали на дровах (ель + береза). Влажность ели (W_t^r = 53,92 %) имела более высокие значения, чем березы (W_t^r = 50,26 %).

Установленные котлы имеют прямоугольную форму, рассчитаны на температурный график 70/95 °С, давление теплоносителя до 0,6 МПа, сопротивление по воде при номинальной мощности не более 0,15 МПа. Продукты сгорания в котельной № 1 после индивидуальных водяных экономайзеров котлов КВр-0,93КД и КВр-1,16КД поступают в общий газоход, подключенный к батарейному золоуловителю, и с помощью дымососа ДН-11,2 направляются в металлическую дымовую трубу (Ø 0,82 м, $H_{тр}$ = 31 м).

В котельной № 2 продукты сгорания после водяных экономайзеров поступают в индивидуальные золоуловители инерционного типа, из которых очищенный газ направляется в общий газоход котельной. Удаление продуктов сгорания в металлическую дымовую трубу (Ø 0,6 м, $H_{тр}$ = 30 м) осуществлялось с помощью дымососа ДН-9, второй дымосос находился в резерве. Направляющий аппарат работающего дымососа был полностью открыт.

Для дополнительной подачи воздуха на котлах КВр-0,93КД, КВр-1,16КД и КВБр-1,16КД со стороны боковых стен установлено по одному вентилятору ВЦ-14-46 с электродвигателем мощностью 2,2 кВт. Регулирующими устройствами вентиляторы не оборудованы и при проведении энергообследования они были отключены. На газоходах после экономайзеров установлены шибера, которые при проведении обследования были полностью открыты. Водогрейные котлы оборудованы ручными топками с плитчатыми горизонтальными колосниками.

Циркуляционный контур котлов КВр-0,93КД, КВр-1,16КД и КВБр-1,16КД состоит из девяти водотрубных экранов: четырех внутренних и пяти наружных. Каждый экран представляет собой секцию-гребенку из определенного количества горизонтально-параллельных труб Ø 159×4 мм с шагом 220 мм, заваренных с торцов общим листом и последовательно соединенных между собой тангенциально вваренными в них патрубками, обеспечивающими закручивание водного потока внутри труб. Спиральное движение воды в трубах уменьшает вероятность отложения солей и образования накипи на внутренней поверхности водяного тракта. При проведении энергообследования подогрев воды в экономайзере составлял 1,5…1,8 °С. Системы водоподготовки в котельных отсутствуют.

Минимально допустимая температура воды на входе в данные котлы составляет 60 °С, так как при более низких температурах происходят процессы конденсации и интенсивного отложения золовых и сажистых частиц на трубах конвективной части, что приводит к уменьшению жизненного цикла теплогенерирующей установки. Для уменьшения вероятности данного явления на котлах КВр-0,93КД, КВр-1,16КД и КВБр-1,16КД выполнены линии рециркуляции, обеспечивающие подачу части воды после водяного экономайзера на его вход. Однако, учитывая незначительный нагрев воды в экономайзере, данная мера в холодный период года будет недостаточной. При проведении энергетического обследования арматура на линиях рециркуляции находилась в закрытом состоянии.

На подводящей и отводящей трубах каждого котла установлены запорные устройства, обеспечивающие возможность его полного отключения от системы теплоснабжения [6], имеются манометры и термометры до и после экономайзеров, а также на выходе воды из котлов. Котлы оборудованы предохранительными клапанами.

Высокая степень экранирования топок не позволяет обеспечить условия для эффективной термической подготовки, воспламенения и выгорания влажного древесного топлива.

Котлы КВр-0,93КД, КВр-1,16КД и КВБр-1,16КД оборудованы импульсными трубками для контроля разрежения в топочных камерах, однако, тягонапоромеры установлены только в котельной № 2. Приборы контроля разрежения за котлами отсутствовали, что является нарушением требований п.15.34 СНиП [7]. Контроль разрежения в газовом тракте котлов при проведении энергетического обследования проводился с помощью переносного манометра.

На элементах газовых трактов котлов установлены взрывные предохранительные клапаны. Все операции по обслуживанию котлов КВр-0,93КД, КВр-1,16КД и КВБр-1,16КД выполняются вручную. Исходя из этого, их производительность составляет не более 85 % от номинальной. Дрова в котельную подаются через специальные проемы в наружной стене, что вызывает очень большие теплопотери помещени-

ем котельной. При загрузке дров температура у фронта котлов снижалась до –10 °С в котельной № 1 и до +8 °С в котельной № 2. Диаметр чурок, загружаемых в топки котлов, был очень неоднородный, на их поверхности находился снег. Для загрузки одного котла трем рабочим требовалось от 5 до 8 мин. При этом топки загружались почти до верха. Котлы КВБр-1,16КД имеют одну загрузочную дверку, что затрудняло загрузку топлива и увеличивало ее продолжительность.

Для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду котлы имеют теплоизоляцию, которая выполнена из прошивных матов базальтового волокна в два слоя. Поверх теплоизоляции на каркас навешиваются листы наружной обшивки. В процессе эксплуатации температура наружной поверхности обмуровки котла или его обшивки при номинальной теплопроизводительности и средней температуре воды 80 °С не должна превышать температуру в помещении более чем на 30 °С, за исключением участков шириной 100 мм вокруг неизолированных элементов (дверцы, гляделки и др.) [6]. У обследованных водогрейных котлов данные требования для многих участков не выполнялись даже при их работе с нагрузками значительно ниже номинальных значений и при средней температуре воды ниже 80 °С.

Необходимо отметить, что на газоходах до и после экономайзеров, а также на общих газоходах котельной № 1 и корпусах дымососов тепловая изоляция отсутствует, что является нарушением требований нормативных документов [1], [5] – [7]. Теплоизоляция на трубопроводах прямой и обратной воды в пределах котельных № 1, 2 отсутствует, что увеличивает теплопотери и противоречит требованиям нормативных документов [1], [5] – [7].

На водогрейных котлах КВр-0,93КД, КВр-1,16КД и КВБр-1,16КД обеспечен контроль температуры газов перед экономайзерами, однако существующую систему следует дополнить датчиками контроля температуры газов после водяных экономайзеров. Отсутствие приборов контроля разрежения в топках котельной № 1 и в газовых трактах за котлами котельных № 1, 2 усложнило проведение исследовательских работ и обработку полученных результатов. Однако применение современного малоинерционного оборудования и обработка экспериментальных результатов с помощью многомодульного программно-методического комплекса [4] позволили получить данные, объективно отражающие состояние и эффективность работы водогрейных котлов.

Древесное топливо на территории котельных № 1, 2 хранится в поленницах. Периодический контроль качества топлива, поступающего в котельные, проводится. Организован приборный учет количества отпускаемой тепловой энергии. Ручное обслуживание котлов вызывало значительное изменение их технико-экономических и экологических показателей работы за период цикла между загрузками топлива, что усложняло проведение исследовательских работ и обработку полученных результатов.

При исследовании состава продуктов сгорания использовался газоанализатор «Testo – 350 XL». Диоксид серы в дымовых газах котлов, работающих на дровах, отсутствовал во всех опытах. Влажность дров в котельной № 1 была ниже, чем в котельной № 2 (см. таблицу).

Для определения расходов дымовых газов использовалась пневмометрическая трубка системы ВТИ и микроманометр «Testo-435». Теплотехнический анализ топлива проводился с помощью калориметра IKA C2000 basic Version 2. Исследование гранулометрического состава очаговых остатков проводилось с помощью анализаторов «029» и ВС 1С-15-01. Температуры наружных поверхностей обшивки и обмуровки котлов, а также газоходов определялись с помощью пирометра.

При исследовании состояния и эффективности работы стальных водогрейных котлов были проведены: наружный осмотр элементов котлов, исследование теплотехнических характеристик топлива и очаговых остатков, балансовые опыты, анализ технико-экономических и экологических характеристик работы котлов, разработка режимных карт.

В газовых трактах котлов КВр-0,93КД, КВр-1,16КД и КВБр-1,16КД в качестве измерительных сечений были приняты сечения на вертикальных участках газоходов после водяных экономайзеров. Тарировка газоходов позволила определить значения коэффициентов неравномерности распределения скорости потока.

Анализ условий тепловой работы водогрейных котлов КВр-0,93КД №2, КВр-1,16КД № 3 котельной № 1 и КВБр-1,16КД № 3 котельной № 2 показал, что потери теплоты с уходящими газами в период цикла между загрузками топлива изменяются (см. рисунок): более высокие значения они имеют в начале и в конце цикла. При этом теплопроизводительность изменялась в диапазоне: 0,350… 0,504 МВт – для котла № 2, 0,364…0,561 МВт – для котла № 3 котельной № 1 и 0,507…0,594 МВт – для котла № 3 котельной № 2. Более высокие значения потери теплоты с уходящими газами для котлов № 3 котельных № 1, 2, в первую очередь, объясняются высокими значениями коэффициента избытка воздуха в топке и, соответственно, в уходящих газах ($\alpha_{ух}$ = 2,25…4,0).

Потери теплоты с химическим недожогом топлива у обследованных котлов в период цикла между загрузками топлива также изменяются (см. рисунок): более высокие значения они имеют в начале и в конце цикла. Очень высокие значения данной потери для котла № 3 котельной № 1 объясняются высокими значениями коэффициента избытка воздуха в топке и, соответственно, в уходящих газах $\alpha_{ух}$ = 2,74…4,0. Чрезмерное балластирование топочных камер избыточным воздухом снижает и без того низкий уровень температур в топке и скорость протекания вторичной реакции догорания: $2CO + O_2 = 2CO_2$. Все это приводит к значительному загрязнению атмосферы вредными ингредиентами. Концентрация оксида углерода в уходящих газах, приведенная к $\alpha_к$" = 1,4, для котла № 3 составляла K_{CO} = 34066…47743 мг/нм^3.

Таблица

Результаты исследования эффективности работы водогрейных котлов

Наименование величины	Обозначение, размерность	Марка котла		
		КВр-0,93КД	КВр-1,16КД	КВБр-1,16КД
Характеристика топлива: ель + береза	%	50+50		70+30
влажность на рабочую массу	W_t^r, %	47,55		52,82
зольность	A^r, %	0,42		0,38
выход летучих веществ	V^{daf}, %	85,50		85,40
низшая теплота сгорания	Q^r_i, МДж/кг	8,74		7,61
Средняя теплопроизводительность	Q, МВт	0,43	0,46	0,55
Расход воды через котел	D, т/ч	35,7	36,7	34,0
Рабочее давление воды на выходе	$P_в$, МПа	0,65	0,60	0,53
Температура воды на входе	$t_{вх}$, °С	52,2	50,0	50,7
Средняя температура уходящих газов	$\vartheta_{ух}$, °С	183	157	188
Потери теплоты: с уходящими газами	q_2, %	15,80	15,89	19,01
с химнедожогом	q_3, %	11,08	16,93	14,11
с мехнедожогом	q_4, %	0,33	0,35	0,36
от наружного охлаждения	q_5, %	11,27	10,31	8,50
Средний за цикл КПД брутто котла	$\eta_{бр}$, %	61,50	56,50	58,00
Теплонапряжение зеркала горения	q_R, кВт/м^2	416,1	439,5	521,0
Теплонапряжение топочного объема	q_v, кВт/м^3	259,5	273,5	324,5
Эмиссия NO_x	NO_x, мг/МДж	132,0	83,0	114,0
Эмиссия CO	CO, г/МДж	12,56	17,12	15,77

Очаговые остатки (шлак и зола) у обследованных котлов удаляются из зольников вручную. Потери теплоты с механической неполнотой сгорания имели маленькие значения (см. таблицу), что объясняются низкой зольностью древесного топлива и его крупным составом. Исследования гранулометрического состава очаговых остатков показали, что остатки имеют высокую степень полидисперсности состава (n = 0,662…0,751) и относятся к материалам средней крупности (b = 0,0131…0,0214). Содержание горючих веществ в очаговых остатках составляло $C^г_{шл+пр}$ = = 17,58…18,27 %. Летучая зола, уловленная в инерционных золоуловителях котлов, имела полидисперсный гранулометрический состав ($n \approx 1{,}34$; $b \approx 0{,}000494$), при этом в ней преобладали фракции с размером частиц $63 \leq \delta < 500$ мкм, на которые приходилось более 87 % (по массе), что косвенно свидетельствует о невысокой степени очистки газов. Содержание горючих веществ в летучей золе составило $C^г_{ун}$ = 17,3…17,51 %.

Потери теплоты от наружного охлаждения определялись на основании результатов замеров температуры наружной поверхности обмуровки котлов с учетом температуры окружающего воздуха. Повышенные значения данной потери (см. таблицу) объясняются работой котлов с нагрузками значительно ниже номинальной, отсутствием изоляции на газоходах от котлов до водяных экономайзеров в котельной № 1, низкой температурой окружающего воздуха, а также наличием зон на наружной обшивке котлов, имевших повышенную температуру. На трубопроводах прямой и обратной воды в пределах котельных № 1, 2 тепловая изоляция отсутствует, что противоречит требованиям нормативных документов [1], [5] – [7].

Потери с физической теплотой шлака для обследованных котлов составляли $q_6 \approx 0{,}02$ %. Наибольшие значения КПД брутто исследованных водогрейных котлов имел для временного интервала между загрузками топлива 0,2…0,5 (см. рисунок). Значения среднего КПД брутто за цикл между загрузками топлива приведены в таблице.

Полный расход дров в исследованном диапазоне нагрузок: для котла КВр-0,93КД составлял 239...332; для КВр-1,16КД – 278…389; а у котла КВБр-1,16-95КД – 455…563 кг/ч. Более высокий расход топлива для котла КВБр-1,16-95КД связан с большей влажностью дров на котельной № 2 и более низкой их удельной теплотой сгорания. Средний удельный расход условного топлива на выработку 1 ГДж при проведении балансовых опытов для котла КВр-0,93КД составлял 55,44; для КВр-1,16КД – 60,34; а у котла КВБр-1,16-95КД – 58,78 кг у.т.

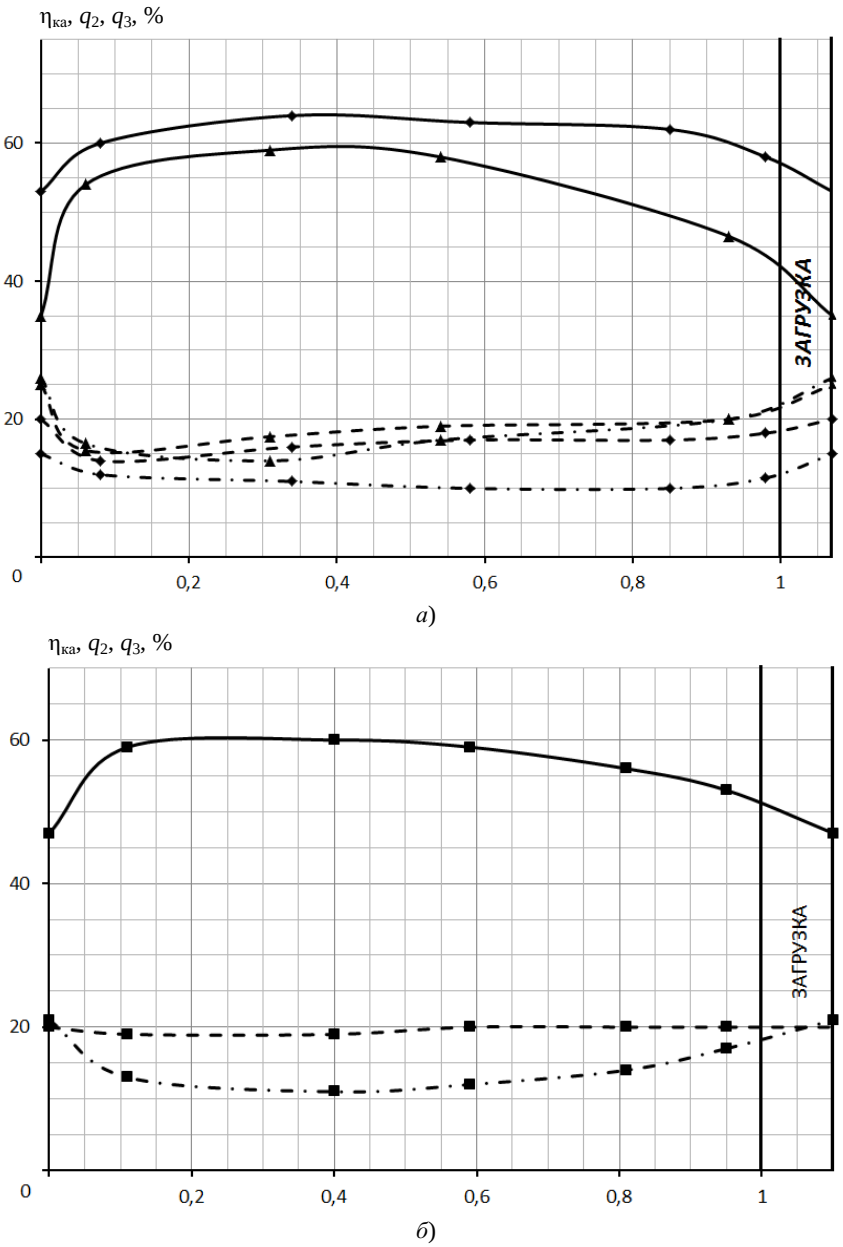


Рисунок. Изменение КПД брутто ($\eta_{ка}$), потерь теплоты с уходящими газами (q_2) и химическим недожогом (q_3) в период цикла между загрузками дров: *а* – котлы КВр-0,93КД №2 (♦), КВр-1,16КД № 3 (▲); б – котел КВБр-1,16КД №3 (■); —— – $\eta_{ка}$; – - – q_2; — · — · — – q_3

Низкий уровень эмиссии оксидов азота, особенно для котла КВр-1,16КД (см. таблицу), связан с низким уровнем температур в топке ввиду высоких значений коэффициента избытка воздуха, а также высокой степенью экранирования топки. Данные факторы, а также высокая влажность топлива явились причиной высоких значений эмиссии монооксида углерода.

Теплонапряжения топочного объема и зеркала горения обследованных котлов превысили значения, установленные их заводами изготовителями ($q_v^н$ = = 200 кВт/м^3, q_R= 348…531 кВт/м^2). Это связано с высоким расходом топлива ввиду того, что достигнутый эксплуатационный КПД брутто имел низкие значения.

Для повышения эффективности работы котельных № 1, 2 был разработан комплекс энергосберегающих мероприятий, ранжированных по сроку окупаемости вложений, и разработаны режимные карты.

Литература

1. ГОСТ 30735-2001. Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0,1 до 4,0 МВт. Общие технические условия. – М., 2001.

2. *Любов, В.К.* Исследование эффективности работы отопительных котельных / В.К. Любов, А.Ю. Романов // Известия вузов. Лесной журнал. – 2011. – № 3. – С. 142 – 151.

3. *Любов, В.К.* Модернизация объектов коммунальной энергетики / В.К. Любов, А.Н. Попов // Вестник ЧГУ. – 2011. – № 2. – Т. 2 – С. 5 – 9.

4. *Любов, В.К.* Повышение эффективности энергетического использования биотоплив / В.К. Любов, С.В. Любова. – Архангельск, 2010.

5. Правила технической эксплуатации коммунальных отопительных котельных. – М., 1992.

6. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 К (115 ^{o}С). – М., 1993.

7. СНиП II-35-76. Котельные установки. Нормы проектирования. – М., 1977.

УДК 004.4

Д.А. Малышев

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент А.А. Суконщиков

ОБЩАЯ СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ РАЗВЕРТЫВАНИИ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В статье рассматривается упрощенная модель установки операционных систем с использованием программных средств автоматизации, базирующаяся на переосмыслении подходов к развертыванию программного обеспечения в корпоративных сетях.

Алгоритм, модель, развертывание операционных систем, программное обеспечение, корпоративные сети.

The article considers a simplified model of operating systems installation using automated software tools, based on rethinking of approaches to deploying software on corporate networks.

Algorithm, model, deployment of operating systems, software, corporate networks.

В настоящее время все более интенсивно во всех областях промышленности используются информационные технологии. Но мало кто задумывается о временных затратах на установку и поддержание работоспособности операционных систем (ОС), программ и приложений. Установка операционной системы – сложный, разветвленный процесс.

В данной статье рассмотрим упрощенную модель интенсивного подхода для установки операционных систем с использованием программных средств автоматизации [1, с. 237].

Первый этап установки операционной системы – это выбор сценария установки [1, с. 238]. Рассмотрим их более подробно.

Множество типов сценариев установки – S_{inst}.

$S_{inst} = (S_{inst}^{1},..., S_{inst}^{n})$, где $n \in N$, S_{inst}^{1}, ...,S_{inst}^{n} – различные сценарии установки. На практике мы, в основном, используем следующие типы:

S_{inst}^{1} – сценарий установки нового компьютера. Установка операционной системы на чистый компьютер, на котором нет операционной системы для пользователя, не имеющего существующего компьютера или пользовательского профиля в сети (рис. 1). При использовании данного сценария производится полная установка операционной системы.

S_{inst}^{2} – сценарий обновления операционной системы компьютера. Обновление системы с сохранением пользовательских параметров и настроек. Данный сценарий используется для перехода на новую версию программного обеспечения.

S_{inst}^{3} – сценарий обновления компьютера. Установка другого образа операционной системы на компьютер, с которым у пользователя возникают проблемы.

S_{inst}^{4} – сценарий замены компьютера. Установка операционной системы на пустой компьютер для пользователей, имеющих пользовательский профиль в сети. Все параметры и данные существующего пользовательского профиля будут перемещены со старого компьютера на новый.

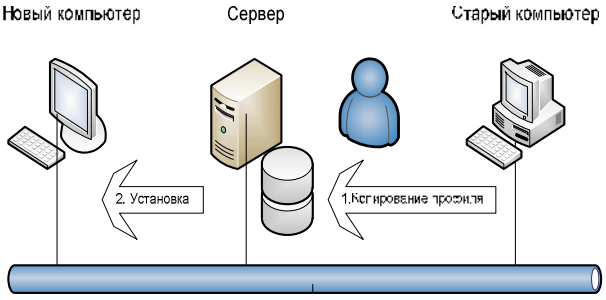


Рис. 1. Сценарий замены старого компьютера на новый

В свою очередь для каждого сценария установки в соответствии с определением Митча Туллоча[1] су-

[1] Митч Туллоч – писатель, инструктор и консультант, специализирующийся на серверных операционных системах Windows, администрировании IIS, поиске проблем в сетях и безопасности. Автор 15 книг, включая MicrosoftEncyclopediaofNetworking (Энциклопедия Сетей Microsoft) (MicrosoftPress), MicrosoftEncyclopediaofSecurity (Энциклопедия Безопасности Microsoft) (MicrosoftPress), WindowsServerHacks (Взлом Серверов Windows) (O'Reilly), WindowsServer 2003 in a Nutshell (WindowsSerber 2003 вкратце) (O'Reilly), Windows 2000 Administrationin a Nutshell (Администрирование Windows 2000 вкратце) (O'Reilly) и IIS 6 Administration (Администрирование IIS 6) (Osborne/McGraw-Hill). Митч живет в Winnipeg, Канада. Дополнительная информация о его книгах находится на web-сайте: www.mtit.com.