

УДК 620.9:502.174

И.М. КОЗЛОВ

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД  
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОМПЛЕКТА ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА**

Определен состав и оценен срок окупаемости оборудования для энергосбережения многоэтажного жилого дома, обеспечивающего не только снижение сумм оплаты и объемов потребления тепловой и электроэнергии, но и снижение выбросов в атмосферу избытков тепловой энергии как на стороне производства, так и на стороне потребления.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, инженерное обеспечение зданий

В соответствии со статьями 6 и 11 Федерального закона от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (Собрание законодательства Российской Федерации 2009, № 48, ст. 5711; 2010, № 19, ст. 2291) и на основании пункта 52 Плана мероприятий по энергоснабжению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2009 г. № 1830-р (Собрание законодательства Российской Федерации 2009, № 50, ст. 6114; 2010, № 18, ст. 2243) приказом Министерства регионального развития РФ от 28 мая 2010 г. № 262 "О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений" утверждены Требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений.

Согласно п.9 требований, уровень энергоэффективности зданий с 2011 г. по классу В ("высокий") достигается за счет оснащения систем отопления автоматизированными узлами управления, увеличения сопротивления теплопередаче наружных стен здания и замене окон на энергоэффективные. Далее с 2016 г., требуемый уровень энергоэффективности достигается применением *устройств утилизации теплоты вытяжного воздуха и энергоэффективных систем отопления и вентиляции*, систем централизованного теплоснабжения с коэффициентами энергетической эффективности выше 0,65, а также систем децентрализованного теплоснабжения.

Согласно п.14, вводимое в эксплуатацию при строительстве здание должно быть оборудовано (кроме прочего):

- устройствами автоматического регулирования подачи теплоты на отопление, установленными на вводе в здание, а также части здания;
- термостатами на отопительных приборах и измерителями расхода теплоносителя в горизонтальных, поквартирных системах отопления, либо квартирными теплосчетчиками;
- теплообменниками для нагрева воды на горячее водоснабжение с устройством автоматического регулирования ее температуры, установленными на вводе в здание или части здания;
- электродвигателями для вентиляторов вентсистем, лифтов, перемещения воды во внутридомовых системах отопления, горячего и холодного водоснабжения, систем кондиционирования;
- приборами учета энергетических и водных ресурсов, установленными на вводе в здание, в квартирах, помещениях общего пользования и сдаваемых в аренду;
- устройствами, *оптимизирующими работу вентсистем* (воздухопропускные клапаны в окнах или стенах, автоматически обеспечивающие подачу наружного воздуха

по потребности, утилизаторы теплоты вытяжного воздуха для нагрева приточного, использование рециркуляции);

- регуляторами давления воды в системах холодного и горячего водоснабжения на вводе в здание, в квартирах, помещениях общего пользования;
- устройствами, позволяющими снижать пиковую нагрузку в системах холодоснабжения за счет использования охлаждаемых перекрытий для аккумуляции холода в ночное время;
- энергосберегающими осветительными приборами в местах общего пользования;
- оборудованием, обеспечивающим выключение освещения при отсутствии людей в местах общего пользования (датчики движения, выключатели);
- устройствами компенсации реактивной мощности при работе электродвигателей;

Выполнение требований закона предполагает применение дополнительного энергосберегающего оборудования и усложнение инженерных систем, что влечет увеличение стоимости строительства. Если в сегменте коммерческой недвижимости строительство энергоэффективных зданий экономически оправдано [1], то в сфере жилой недвижимости сроки окупаемости оборудования еще слишком большие, а высокая первоначальная стоимость может свести на нет эффект от экономии на содержании жилья. Наиболее проблематичным является сектор городского многоэтажного строительства, поскольку здесь пересекаются интересы большого числа собственников, а эксплуатацию и строительство выполняют, как правило, разные организации.

Требования энергетической эффективности определяют только предельные объемы потребления тепловой и электроэнергии. Законом устанавливается сокращение объемов потребления энергоресурсов и снижение расходов на оплату за их потребление.

Использование оборудования для снижения потребления тепловой энергии приводит к увеличению потребления электроэнергии (насосами и системами учета, контроля и регулирования). Поскольку электроэнергия вырабатывается в основном на ТЭЦ, это приводит к увеличению выработки тепловой энергии, излишки которой выбрасываются в атмосферу. Таким образом, если при реализации требований закона руководствоваться не комплексным подходом, а только изложенными в законе критериями сокращения объемов оплаты и потребления, будет страдать экология.

#### *Цель работы:*

Определить состав и срок окупаемости оборудования для энергосбережения многоэтажного жилого дома, обеспечивающего как снижение сумм оплаты и объемов потребления тепловой и электроэнергии, так и снижение выбросов в атмосферу избытков тепловой энергии (как на стороне производства, так и на стороне потребления).

В качестве объекта исследования использовалось жилое семнадцатиэтажное двухсекционное здание с пристроенной автоматизированной парковкой [2] в климатических условиях г.Новосибирска. Оценка объемов потребления ресурсов выполняется по методике, изложенной в [3], часть VI «Определение нормативов потребления коммунальных услуг в жилых помещениях, нормативов потребления коммунальных услуг на общедомовые нужды с применением расчетного метода», по формулам, предусмотренным разделом II приложения к указанным Правилам.

Результаты оценки представлены в таблицах 1-6 для различных комбинаций оборудования. В графе «Период» указывается теплый период года (135 сут.) или отопительный период (230 сут.). В графе «Производство тепла на электроэнергию» указывается количество тепловой энергии, которую необходимо произвести на ТЭЦ для получения указанного количества электроэнергии. В графе «Производство тепла на отопление» указы-

ваются количество тепловой энергии, которую необходимо произвести сверх того, что вырабатывается для получения электроэнергии, для удовлетворения потребности в тепловой энергии на отопление. В графе «Сброс» указывается количество тепловой энергии, выбрасываемой в атмосферу. В итоговом поле к сумме по этому столбцу добавляется разница между произведенной и потребленной тепловой энергией. Отрицательные значения в ячейках таблиц означают противоположное действие для корректного вычисления сумм.

В таблице 1 представлена структура выработки и потребления энергии в случае применения кондиционеров для удаления теплоизбытков в теплый период года.

Таблица 1. Структура выработки и потребления энергии при использовании кондиционеров

Период	Категория	Потребление		Производство тепла		Сброс, Гкал	Оплата потребл., тыс.руб.	Стоимость оборудов., тыс.руб.
		Эл.энергия, кВт·ч	Тепло, Гкал	на эл.энерг, Гкал	на отопл., Гкал			
Теплый	ГВС		325					
	Кондиционирование	238 124		307		819		6 800
	Бытовые электроприборы	233 197		301				
	Освещение	10 121		13				
	<b>Итого</b>	<b>481 442</b>	<b>325</b>	<b>621</b>		<b>1 115</b>	<b>1 343</b>	
Холодный	Отопление		884					
	Вентиляция		884			884		
	ГВС		650					
	Бытовое электропотребление	397 298		512				
	Освещение	91 089		117				
	<b>Итого</b>	<b>488 387</b>	<b>2 418</b>	<b>630</b>	<b>1 788</b>	<b>884</b>	<b>3 528</b>	
<b>Всего в год</b>		<b>969 829</b>	<b>2 743</b>	<b>1 251</b>	<b>1 788</b>	<b>2 000</b>	<b>4 871</b>	

В этом случае в атмосферу выбрасываются не только сами теплоизбытки, но и тепло, которое вырабатывается при производстве электроэнергии, необходимой для работы кондиционеров (тепло на ГВС соизмеримо с количеством тепловой энергии, вырабатываемом при производстве электроэнергии на другие бытовые нужды). Оплате подлежит как тепловая энергия на ГВС, так и электроэнергия, в том числе, на работу кондиционеров.

Сократить затраты можно, если теплоизбытки не выбрасывать в атмосферу, а утилизировать. Единственной потребностью в тепле является подогрев воды для ГВС. Осуществить сбор теплоизбытков можно с помощью фанкойлов, а утилизацию — с помощью чиллера с функцией теплового насоса.

В таблице 2 представлена структура выработки и потребления энергии в случае применения фанкойлов для удаления и утилизации теплоизбытков.

Таблица 2. Структура выработки и потребления ресурсов при использовании фанкойлов

Период	Категория	Потребление		Производство тепла		Сброс, Гкал	Оплата потребл., тыс.руб.	Стоимость оборудов., тыс.руб.
		Эл.энергия, кВт·ч	Тепло, Гкал	на эл.энерг, Гкал	на отопл., Гкал			
Теплый	ГВС		325					
	Фанкойл	238 124	-325	307		494		15 040
	Бытовое электропотребление	233 197		301				
	Освещение	10 121		13				
	<b>Итого</b>	<b>481 442</b>	<b>0</b>	<b>621</b>	<b>0</b>	<b>1 115</b>	<b>1 006</b>	
	Итого за холодный период	488 387	2 418	630	1 788	884	3 528	
	<b>Всего в год</b>	<b>969 829</b>	<b>2 418</b>	<b>1 251</b>	<b>1 788</b>	<b>2000</b>	<b>4 534</b>	

Электроэнергии на работу фанкойлов требуется примерно столько же, как и для кондиционеров, только часть теплоизбытков покрывает потребности в тепле на ГВС. Общий сброс тепла в атмосферу остается тем же, поскольку возникает необходимость на ТЭЦ избавиться от тепла, неиспользованного на ГВС. Но при этом идет сокращение текущих платежей, поскольку тепловая энергия на ГВС не оплачивается.

В холодный период года основным источником теплопотерь является вентиляция. Как показывают исследования [4], затраты на восполнение тепла, уносимого с воздухом при вентиляции, могут составлять порядка 50–60% общего объема теплопотерь. Для сокращения теплопотерь предполагается использовать комнатные рекуператоры УВРК-50 с высоким КПД и работающих при температуре наружного воздуха  $-40^{\circ}\text{C}$ .

В таблице 3 представлена структура выработки и потребления энергии в случае применения рекуператоров для уменьшения теплопотерь на вентиляцию. В теплый период года используются кондиционеры для удаления теплоизбытков.

Таблица 3. Структура выработки и потребления энергии при использовании рекуператоров

Период	Категория	Потребление		Производство тепла		Сброс, Гкал	Оплата потребл., тыс.руб.	Стоимость оборудов., тыс.руб.
		Эл.энергия, кВт·ч	Тепло, Гкал	на эл.энерг, Гкал	на отопл., Гкал			
Теплый	Итого за теплый период	481 442	325	621		1 115	1 343	6 800
Холодный	Отопление		884					
	Вентиляция		88			88		
	УВРК	23 256		30				20 400
	ГВС		650					
	Бытовое электропотребление	397 298		512				
	Освещение	91 089		117				
	<b>Итого</b>	<b>511 643</b>	<b>1 622</b>	<b>660</b>	<b>962</b>	<b>88</b>	<b>2 751</b>	
	<b>Всего в год</b>	<b>993 085</b>	<b>1 947</b>	<b>1 281</b>	<b>962</b>	<b>1 204</b>	<b>4 094</b>	

Работа рекуператоров в отопительный период приводит к повышению потребления электроэнергии, но объемы сэкономленной тепловой энергии значительно превышают затраты на производство электроэнергии. Рекуперация напрямую снижает и потребление, и выбросы тепла в атмосферу. Текущие платежи сокращаются, поскольку затраты на электроэнергию существенно меньше стоимости сэкономленной тепловой энергии.

В таблице 4 представлена структура выработки и потребления энергии в случае применения рекуператоров для уменьшения тепловпотерь на вентиляцию и фанкойлов для удаления и утилизации теплоизбытков.

Таблица 4. Структура выработки и потребления энергии при использовании фанкойлов и рекуператоров

Период	Категория	Потребление		Производство тепла		Сброс, Гкал	Оплата потребл., тыс.руб.	Стоимость оборудов., тыс.руб.
		Эл.энергия, кВт·ч	Тепло, Гкал	на эл.энерг, Гкал	на отопл., Гкал			
Теплый	ГВС		325					
	Фанкойл	238 124	-325	307		494		15 040
	Бытовое электропотребление	233 197		301				
	Освещение	10 121		13				
	<b>Итого</b>	<b>481 442</b>	<b>0</b>	<b>621</b>	<b>0</b>	<b>1 115</b>	<b>1 006</b>	
Холодный	Отопление		884					
	Вентиляция		88			88		
	УВРК	23 256		30				20 400
	ГВС		650					
	Бытовое электропотребление	397 298		512				
	Освещение	91 089		117				
	<b>Итого</b>	<b>511 643</b>	<b>1 622</b>	<b>660</b>	<b>962</b>	<b>88</b>	<b>2 751</b>	
<b>Всего в год</b>		<b>993 085</b>	<b>1 622</b>	<b>1 281</b>	<b>962</b>	<b>1 204</b>	<b>3 757</b>	

Суммарное снижение потребления тепла и текущих платежей. Выбросы тепла в атмосферу как в предыдущем случае. Но при этом суммируются и первоначальные затраты на оборудование.

Снизить выбросы тепла в атмосферу можно за счет использования источника электроэнергии, не требующего выработки тепла. В качестве таких источников могут быть солнечные панели и ветрогенератор. Оценка эффективности показала низкую рентабельность применения солнечных панелей в климатических условиях г.Новосибирска. С другой стороны, архитектурно-планировочные решения рассматриваемого здания позволяют эффективно применить ветровые панели, такие как, например, [5].

В таблице 5 представлена структура выработки и потребления энергии в случае применения рекуператоров, фанкойлов и ветрогенератора.

Таблица 5. Структура выработки и потребления энергии при использовании фанкойлов, рекуператоров и ветрогенератора

Период	Категория	Потребление		Производство тепла		Сброс, Гкал	Оплата потребл., тыс.руб.	Стоимость оборуд., тыс.руб.
		Эл.энергия, кВт·ч	Тепло, Гкал	на эл.энерг, Гкал	на отопл., Гкал			
Теплый	ГВС		325					
	Фанкойл	238 124	-325	307		494		15 040
	Бытовое электропотребление	233 197		301				
	Освещение	10 121		13				
	Ветрогенератор	-66 805		-86				1 743
	<b>Итого</b>	<b>414 637</b>	<b>0</b>	<b>535</b>	<b>0</b>	<b>1 029</b>	<b>867</b>	
Холодный	Отопление		884					
	Вентиляция		88			88		
	УВРК	23 256		30				20 400
	ГВС		650					
	Бытовое электропотребление	397 298		512				
	Освещение	91 089		117				
	Ветрогенератор	-133 610		-172				
	<b>Итого</b>	<b>378 033</b>	<b>1 622</b>	<b>488</b>	<b>1 135</b>	<b>88</b>	<b>2 472</b>	
<b>Всего в год</b>	<b>792 670</b>	<b>1 622</b>	<b>1 022</b>	<b>1 135</b>	<b>1 118</b>	<b>3 339</b>		

Сокращение потребления от ТЭЦ электроэнергии в летнее время приводит к уменьшению объемов выработки тепловой энергии на получение электроэнергии, и, как следствие, сокращение выбросов тепла в атмосферу. При этом уменьшаются текущие платежи. Небольшие объемы электроэнергии связаны с физической сложностью ее получения.

Дальнейшее сокращение выбросов тепла в атмосферу можно выполнить применением теплового насоса вместо воздушного чиллера. Теплоизбытки, собираемые фанкойлами, можно аккумулировать в фундаменте и слое грунта под зданием, что позволит повысить эффективность теплового насоса, работающего на отопление в холодное время года.

В таблице 6 представлена структура выработки и потребления энергии в случае применения рекуператоров, фанкойлов, ветрогенератора и теплового насоса для сокращения выбросов теплоизбытков в атмосферу и уменьшения потребления тепловой энергии на отопление.

Таблица 6. Структура выработки и потребления энергии при использовании фанкойлов, рекуператоров, ветрогенератора и теплового насоса

Период	Категория	Потребление		Производство тепла		Сброс, Гкал	Оплата потребл., тыс.руб.	Стоимость оборудов., тыс.руб.
		Эл.энергия, кВт·ч	Тепло, Гкал	на эл.энерг, Гкал	на отопл., Гкал			
Теплый	ГВС		325					
	Фанкойл	94 391	-325	122		0		15 040
	Тепловой насос	143 733		185				3 873
	Бытовое электропотребление	233 197		301				
	Освещение	10 121		13				
	Ветрогенератор	-66 805		-86				1 743
	<b>Итого</b>	<b>414 637</b>	<b>0</b>	<b>535</b>	<b>0</b>	<b>535</b>	<b>867</b>	
Холодный	Отопление		884					
	Вентиляция		88			88		
	УВРК	23 256		30				20 400
	ГВС		650					
	Тепловой насос	232 600	-800,00	300,00				
	Бытовое электропотребление	397 298		512				
	Освещение	91 089		117				
	Ветрогенератор	-133 610		-172				
	<b>Итого</b>	<b>610 633</b>	<b>822</b>	<b>788</b>	<b>35</b>	<b>88</b>	<b>2 129</b>	
<b>Всего в год</b>	<b>1 025 270</b>	<b>822</b>	<b>1 322</b>	<b>35</b>	<b>623</b>	<b>2 995</b>		

Тепловой насос потребляет значительные объемы электроэнергии. Но количество тепловой энергии, необходимой на выработку электроэнергии, меньше, чем аккумулируемые теплоизбытки. Поэтому в целом происходит сокращение выбросов тепловой энергии в атмосферу.

В отопительный период недоиспользование теплового насоса приводит к увеличению потребления тепловой энергии от ТЭЦ и, как следствие, увеличение текущих платежей. Однако, попытки значительного увеличения мощности теплового насоса, предпринимаемые с целью предельно сократить потребление тепла от ТЭЦ, могут привести к ситуации, когда объемы тепловой энергии, необходимой для выработки электроэнергии, будут значительно превышать объемы потребляемой тепловой энергии, что приведет к необходимости выбрасывать тепло на ТЭЦ в атмосферу в отопительный период. Существует некоторое оптимальное значение производительности теплового насоса, когда объемы тепловой энергии, необходимой на производство электроэнергии, сопоставимы с объемами потребляемой тепловой энергии. При этом текущие платежи будут не минимальны, но оптимальны.

На рис.1. представлены абсолютные значения потребления, производства и выбросов в атмосферу тепловой энергии для разных комплектов оборудования, позволяющие сравнить распределение объемов тепловой энергии между потреблением, производством и выбросами. Полный объем выработки тепловой энергии представляет собой сумму тепловой энергии, необходимой на производство электроэнергии, и тепловой энергии, требующей сверх того на отопление. Сброс тепла складывается из не востребованной тепловой энергии на ТЭЦ и удаляемых теплоизбытков в доме.

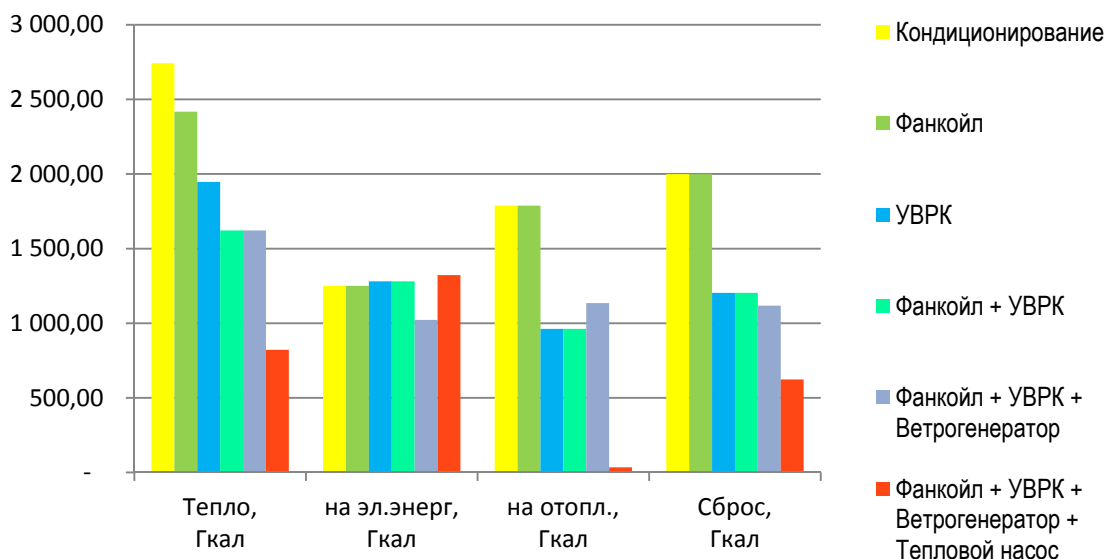


Рис. 1. Абсолютные значения потребления, производства и выбросов в атмосферу тепловой энергии для разных комплектов оборудования.

На рис.2. представлено относительное изменение потребления электроэнергии, производства, потребления и выбросов в атмосферу тепловой энергии и объемов текущих платежей для разных комплектов оборудования. В качестве базового взят вариант с применением кондиционеров.

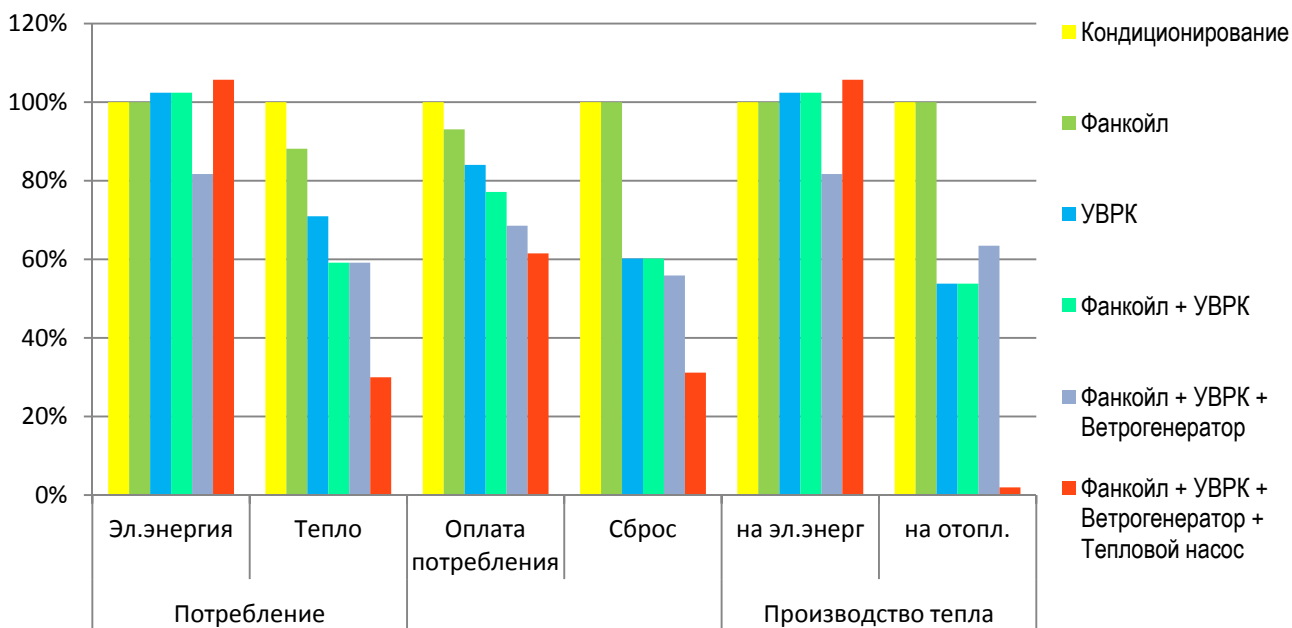


Рис. 2. Относительное изменение потребления электроэнергии, производства, потребления и выбросов в атмосферу тепловой энергии и объемов текущих платежей для разных комплектов оборудования.

Судя по приведенным диаграммам, применение полного комплекта энергосберегающего оборудования позволяет сократить примерно вдвое производство тепловой энергии, почти на 40% снизить текущие платежи и в 4 раза уменьшить выбросы тепловой энергии в атмосферу. Оценка стоимости оборудования показана на рис. 3.



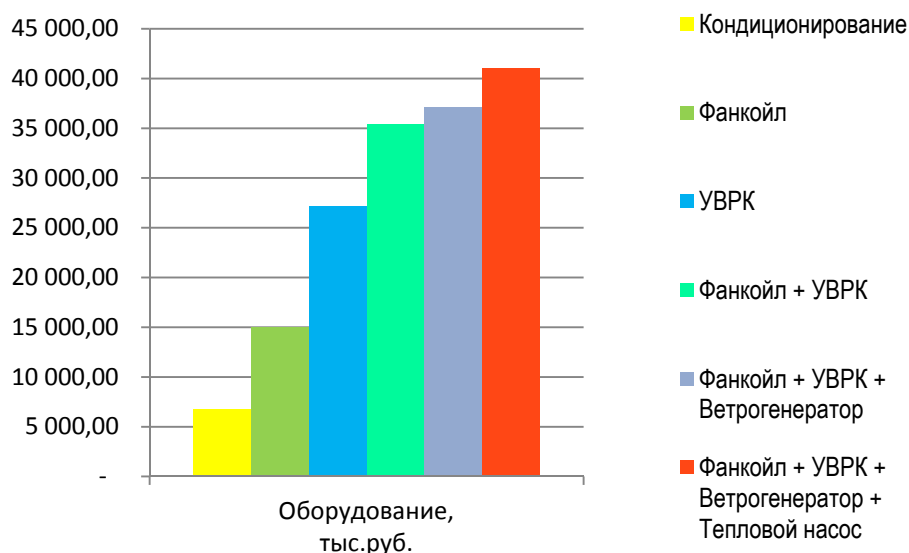


Рис. 3. Увеличение начальных капитальных вложений для разных комплектов оборудования.

Если оборудование ставится за счет конечных потребителей, срок окупаемости составляет порядка 20 лет. При оценке срока окупаемости не учитывалось снижение затрат на выработку энергии, а экономический эффект от сокращения выбросов тепла в атмосферу вообще сложно оценить.

### Выводы

При анализе путей удовлетворения требованиям Федерального закона № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" и "Требованиям энергетической эффективности зданий, строений, сооружений" было установлено следующее:

1. При применении оборудования для получения энергии из альтернативных источников в условиях доступности подключения к ТЭЦ, существует некоторое *оптимальное значение* для количества вырабатываемого тепловым насосом тепла, когда объемы тепловой энергии, необходимой на производство электроэнергии, сопоставимы с объемами потребляемой тепловой энергии. Уменьшение производительности теплового насоса влечет увеличение потребления тепла от ТЭЦ и увеличению текущих расходов. Увеличение же производительности теплового насоса приводит к образованию излишков тепловой энергии на ТЭЦ и увеличению выбросов тепла в атмосферу.

2. Применение полного комплекта энергосберегающего оборудования позволяет сократить примерно вдвое производство тепловой энергии, почти на 40% снизить текущие платежи и в 4 раза уменьшить выбросы тепловой энергии в атмосферу.

3. Если оборудование ставится за счет конечных потребителей, срок окупаемости составляет порядка 20 лет. При оценке срока не учитывалось снижение затрат на выработку энергии и сокращение выбросов тепла в атмосферу.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Компании бойкотируют закон об энергосбережении // Индикаторы рынка недвижимости: интернет-ресурс. — 2012. — url:<http://www.imn.ru/articles/33114.html>
2. Козлов И.М., Талапов В.В. Применение BIM в исследовании вопросов инженерного оборудования зданий // Сборник трудов международной конференции в Честохове "Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym" — Изд-во Честоховского политехнического университета, Честохов, Польша — 2011. — С.114–119.
3. Правила установления и определения нормативов потребления коммунальных услуг (утв. постановлением Правительства РФ от 23 мая 2006 г. № 306) (с изменениями от 6 мая 2011 г., 28 марта 2012 г.)
4. Иванов Г.С., Спиридонов А.В., Хромец Д.Ю., Морозов А.М., Концепция энергосбережения при реставрации и капитальном ремонте зданий на примере жилого дома // Журнал "Новости теплоснабжения". — № 5(21), май, 2002. — С. 41 – 44. — url:[http://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=236](http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=236)
5. Отарашвили З.А. Ветроэнергетическая установка «Ветропанель» // Российский новый университет. — 2009. — url:[http://www.rosnou.ru/candidate/innovations/vetropanel\\_2009](http://www.rosnou.ru/candidate/innovations/vetropanel_2009)