**Пути повышения энергоэффективности технических систем зданий**

Рынок интеллектуальных зданий можно считать уже сложившимся, в достаточной степени наполненным предложениями во всех ценовых нишах. В настоящий момент актуальные пути развития - это увеличение показателей энергоэффективности зданий (экономия электроэнергии и тепла), повышение эффективности управления системами за счет развитых средств диспетчеризации и, как следствие, одновременное снижение стоимости и увеличение безопасности эксплуатации зданий. Идеи создания «домов будущего», опирающиеся на имидж и высокую стоимость выполнения таких проектов, все больше уступают место решениям, идущим от реальной жизни, определяющей разумные потребности в экономии и комфорте. Благодаря только модернизации системы кондиционирования и отопления здания можно добиться значительного снижения затрат на его содержание.

Существующая в нашей стране централизованная система отопления имеет некоторые особенности, усложняющие экономию тепла при его транспортировке. Протяженность трубопроводов, по которым теплоносители доходят до потребителя, в отдельных случаях составляет десятки километров. Как показывает практика, в стандартных теплосетях по пути от ТЭЦ к отапливаемому зданию теряется до 40 % тепла. По нынешним временам такие потери можно считать катастрофическими.

Устранение потерь тепла при его транспортировке - главная задача организаций, эксплуатирующих теплосети. В настоящее время на первый план здесь выходит реконструкция существующих теплопроводов. Речь идет о замене старых труб на новые, эффективно утепленные - предварительно теплоизолированные трубы. Они представляют собой цельную конструкцию, состоящую из стальной или пластиковой трубы, которая утеплена слоем пенополистирола и облачена в прочный и герметичный полиэтиленовый корпус. Предызолированные трубы рассчитаны на эксплуатацию в течение 30 и более лет. Дело в том, что трубопровод, уложенный обычным способом в бетонный короб, не защищен от попадания влаги, а ведь 70 % разрушений подземных трубопроводов обусловлены именно наружной коррозией. Преды-изолировапные трубы надежно защищены от влаги полиэтиленовой оболочкой. На всем протяжении такого трубопровода проходят специальные датчики, которые в случае нарушения целостности системы посылают сигнал на диспетчерский пункт. Это позволяет оперативно определять места поврежде­ния с точностью до 1 м.

В Беларуси налажено производство предызолированных труб, однако пока отечественная продукция в основном состоит из импортных комплектующих. Это обусловлено тем, что в нашей стране не выпускаются качественный пенополистирол и стальные трубы. Тем не менее отечественные трубы с пластмассовой изоляцией дешевле импортных на 20-25 %.

Так, в Хотимске предызолированными трубами были заменены практически все городские теплосети (около 400 км). Вскоре пришлось закрыть три из четырех существовавших в городе котельных. Производимого одной из них тепла стало хватать на весь город.

К сожалению, примеры рациональной эксплуатации теплосетей в нашей стране пока немногочисленны. По мнению специалистов, для улучшения ситуации теплопроводы необходимо передать на баланс частных компаний. Сегодня же у теплосетей нет настоящего хозяина: одни участки эксплуатируются предприятиями, другие - коммунальными организациями, третьи - энергетиками.

Приведем основные меры по энергосбережению в жилищно-коммунальном хозяйстве.

1. Осуществление энергосберегающих мероприятий, обеспечивающих выполнение требований стандартов, строительных норм и правил по достижению удельных показателей расхода энергоресурсов.

2. Организация учета расхода энергоресурсов и управление энергопотреблением в зданиях и системах инженерного оборудования.

3. Диспетчеризация управления системами инженерного оборудования на уровне микрорайона, района, города, включая создание автоматизированных систем управления техпроцессами электро-, тепло-, водо-, газоснабжения.

4. Применение при строительстве, реконструкции или капремонте жилых и общественных зданий проектных решений, конструкций и изоляционных материалов с повышенной тепловой защитой и с учетом климатических зон и технологических требований.

5. Использование теплоутилизационного оборудования в составе зданий и сооружений.

6. Вовлечение в топливно-энергетический баланс нетради­ционных источников энергии, местных видов топлива, твер­дых бытовых отходов, теплоты городских стоков.

Перспективным направлением развития белорусского рынка отопительного оборудования является распространение индивидуальных автоматизированных отопительных систем средней и большой мощности для многоквартирного жилья. Эксперты полагают, что такие системы - реальная альтернатива "подвальным" котельным, которые в последнее время стали "пороховыми бочками" для старого жилья.

Экономия теплоты на отопление жилого дома может быть достигнута за счет: утепления входных дверей в подъезды, квартиры, уплотнения притворов, устранения неплотностей по периметру оконных и дверных коробок, утепления наружных стен; утепления чердаков или переустройства бесчердачных кровель в чердачные, повышения технической эксплуата­ции систем отопления; автоматического регулирования отпуска теплоты на отопление; учета тепловой энергии с установкой теплосчетчиков (оплата за фактический расход теплоты) (таблицы 1 - 2).

Были проведены исследования, в результате которых выяснилось, что стены, окна, крыши теряют слишком много тепла - до 80 % . Таким образом, наряду с отказом от централизованного отопления и заменой его на автономные котельные логичным решением стало утепление зданий - фасадов, окон, кровли.

Таблица 1. Распределение тепловых потерь в зданиях (по данным специалистов БелТЭИ)

|  |  |
| --- | --- |
| Элементы конструкции здания | Количество тепловых потерь, % |
| Окна | 36 |
| Вентиляция | 28 |
| Стены | 26 |
| Прочее (перекрытия, подвал) | 10 |

Таблица 2. Потенциал энергосбережения зданий (по данным специалистов БелТЭИ)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Основные энергосберегающие мероприятия | Возможность снижения потерь, % | Окупаемость, лет |
| Автоматическое регулирование расхода тепла в отопительных системах | 14 | 1 |
| Уплотнение окон | 10 | 1,5 |
| Ручные регуляторы расхода тепла в квартирах | 5 | 1,5 |
| Теплоизоляция пола | 4 | 24 |
| Наружная теплоизоляция стен | 20 | 18 |
| Внутренняя теплоизоляция стен | 18 | 11 |
| Теплоизоляция крыши | 7 | 13 |

Так, в 1994 году в республике были введены новые нормы термического сопротивления ограждающих конструкций зданий. Новые нормы практически в 2 раза превышают показате­ли, использовавшиеся ранее. К примеру, теперь, чтобы построить дом, отвечающий новым нормам, но старым методом, пришлось бы сделать его стены вдвое толще, чем ранее.

Разумеется, это невозможно. Для соблюдения современных требований, предъявляемых к термическому сопротивлению ограждающих конструкций, теперь используют различные системы утепления - фасадов, кровель, подвалов, применяя высокоэффективные теплоизоляционные материалы.

В мире существует множество таких систем - как правило, производители утеплителей создают под свои материалы сбалансированную, прошедшую все необходимые испытания, систему, где компоненты подходят друг к другу, и долговечность такой системы гарантирована.

В Беларуси уже появилась собственная многослойная система утепления, все компоненты которой (за исключением минераловатных плит утеплителя) производятся отечественны­ми заводами. В 1996 году специалистами СКТБ "Сармат" разработана система утепления фасадов легким теплоизоляцион­ным материалом с защитой тонкослойной армированной штукатуркой, получившая название "Термошуба", которая прошла необходимые испытания и выдержала расчетные требования. Термошуба позволяет выполнять работы при отрицательных температурах - до -12 °С. Это несомненное достоинство системы позволяет значительно увеличить строительный сезон, а в условиях Беларуси - выполнять их практически круглогодично.

За прошедшие годы объемы утепления наружных стен зданий и сооружений динамично возрастали, что, безусловно, дало определенные положительные результаты.

Кроме прямой экономии энергоресурсов, термореновация зданий позволила значительно улучшить их внешний вид, а в ряде случаев защитить разрушающиеся фасады, устранить промерзания стен, улучшить микроклимат помещений.

К сожалению, выпускаемые отечественными предприятиями минераловатные плиты пока не отвечают необходимым требованиям, поэтому в системах утепления приходится ис­пользовать импортную плиту.

В 1998 году Комитет по энергосбережению и энергонадзору остановил свой выбор на системе Термошуба и решением своего Экспертного совета рекомендовал ее к массовому применению.

В системе Термошуба применяется жесткая специальная фасадная полностью гидрофобизированная минераловатная плита марки Fasrock концерна "Rockwool". Все материалы системы Термошуба сертифицированы.

Комплексные натурные обследования и испытания Термошубы, выполненные на трех объектах в 1995, 1996 и 1998 годах, подтвердили ее высокое качество и эксплуатационную надежность. Термошуба имеет высокую ударопрочность, долговечность - более 35 условных лет, низкую эксплуатационную влажность - менее 1 % , предел прочности на разрыв утеплителя - более 0,02 МПа, а защитного и отделочного слоев - более 1,1 МПа.

Фактическая экономия энергоресурсов по исследованным зданиям составила в среднем 97,7 т у.т./год. Окупаемость затрат на утепление зданий методом Термошуба составляет в зависимости от толщины утеплителя и конструктивных особен­ностей зданий 4-12 лет.

Сам метод устройства системы Термошуба и все необходимые материалы детально описаны в Пособии 1-99 к СНиП 3.03.01-87 "Проектирование и устройство тепловой изоляции наружных стен зданий методом Термошуба", которое введено в действие с 1999 года.

Здания, которые были построены после принятия новых норм термического сопротивления для ограждающих конструкций, составляют всего 1,5-2 % от существующего жилого фонда, который в большинстве своем остается холодным и потому подлежит термореновации.

По всей республике объем жилья, нуждающегося в утеплении, превышает 200 млн ы2. Невысокая же стоимость утепления по системе Термотуба наряду с ее качеством и долговечностью свидетельствует о целесообразности ее использования.

Экономия расхода теплоты на горячее водоснабжение жилого дома может быть достигнута за счет повышения качества технической эксплуатации систем горячего водоснабжения, выполнения правил планово-предупредительного ремонта (5 %), автоматизации работы насосов, увеличивающих напор воды в зданиях, и циркуляционных насосов горячей воды в жилых зданиях до 50 % в ночное время (3 %); установки квартирных водосчетчиков и оплаты за фактический расход воды (4 %).

Для отопления и горячего водоснабжения квартиры в Минске площадью 51 м2 надо сжечь 2 тонны нефти, на 40-50 % больше, чем в промышленно развитых странах. Кроме того, каждая семья потребляет 100-150 кВт-ч электроэнергии в месяц или 1200-1800 кВт-ч в год.

Время отопительного периода - 200 дней. В это время через окна теряется 36 %, стены - 26 % , а за счет нагрева свежего приточного воздуха - 28 % всей теплоты, поступающей из системы отопления (см. таблицу 1).

При реконструкции с использованием эффективных материалов можно сократить потери тепла в 2-3 раза, но это дорого. В то же время каждый имеет много возможностей для утепления своей квартиры:

- остекление лоджий и балконов. Стекла и притворы створок должны быть уплотнены. При этом потери через окна и стены, расположенные со стороны лоджии, будут снижены на 15-18 %. Снижение потерь на 7-9 % позволяет увеличить температуру в помещении на 1 °С. Таким образом, остекление увеличит температуру в примыкающей к ней комнате на 2 °С;

- установка между рамами прозрачной полиэтиленовой пленки таким образом, чтобы расстояние от нее до стекол было одинаковым. Это равноценно окну с тройным остеклением и снижает теплопотери на 20 %;

- тепловая защита того участка наружной стены, где расположен радиатор. На стене за радиатором с зазором между стенкой и радиатором ставят отражающую поверхность (алю­миниевая фольга, зеркальная алюминизированная пленка).

Чем ниже температура воздуха на улице, тем лучше работает естественная вытяжная вентиляция, часто лучше, чем надо. Поэтому зимой надо прикрыть вытяжные вентиляционные отверстия (неполностью) бумагой, картоном. В ванной вообще закрыть, чтобы увлажнять воздух в квартире, т.к. зимой он излишне сухой. Это хорошо скажется на микроклимате квартиры, потому что влажный воздух дает ощущение теплоты, а сухой - холода. Это позволит сберечь до 20 % тепла.

Работа по внедрению энергосберегающих мероприятий в жилищно-коммунальном секторе и тем самым снижению себестоимости оказываемых услуг ведется по таким основным направлениям: снижение норм потребления ТЭР на эксплуатируемых энергопотребляющих установках и технологических процессах; замена дорогостоящего топлива на дешевые виды; максимальное использование местных видов топлива; внедрение приборов учета и регулирования энергопотребления.

К сожалению, ряд организаций при разработке, согласовании и утверждении норм потребления топлива искусственно их завышают, чтобы затем показывать значительную экономию.

Отмечены низкие темпы выполнения работ по оснащению котельных приборами учета вырабатываемой тепловой энергии.

Из-за износа тепловых сетей в ряде городов и населенных пунктах имеются большие потери тепловой энергии при транспортировке. Для решения этой проблемы необходимо нара­щивать объемы замены изношенных тепловых сетей предварительно изолированными трубами.

Энергосберегающие мероприятия напрямую связаны и влияют на себестоимость коммунальных услуг.

Необходимо безотлагательно принять меры для коренного улучшения работы по энергосбережению, нормированию расхода топливно-энергетических ресурсов на производство работ и коммунальных услуг, внедрению приборов учета расхода и регулирования энергоносителей, обеспечению расчетов населения по установленным приборам, что в конечном итоге приведет к экономии ресурсов и снижению себестоимости жилищно-коммунальных услуг.

Положительным примером успешной реализации энергосберегающих мероприятий является республиканский детский санаторий "Солнышко", который расположен в Слуцком районе, в котором ГП "Белэнергосбережение" и объединение "Белмежколхозздравница" разработали и осуществляют программу по энерго- и ресурсосбережению.

Среди энергосберегающих мероприятий проведена реконструкция системы теплоснабжения, для чего был закуплен и установлен котел, работающий на древесной щепе и опилках. В котельной заложен теплообменник, установлен бак-аккумулятор, установлена аппаратура автоматики системы теплоснабжения и котельной.

В результате в санатории годовая структура потребления первичного топлива стала выглядеть следующим образом: доля местного топлива составляет 79 % , дизтоплива - 21 % . Удельный расход топлива на отпуск тепла котельной уменьшился с 227 кг у.т. на 1 Гкал (до реконструкции) до 171 кг у.т. на 1 Гкал (после реконструкции). Реконструкция котельной обошлась санаторию в 6,8 млрд. р. В итоге проделанные работы позволят экономить  
85 000 т у.т. в год.

Автоматизация теплового пункта, нового учебно-спортивного корпуса позволяет поддерживать комфортную температуру в помещениях при нахождении там людей, снижать температуру воздуха в ночное время при отсутствии персонала согласно заданной программе.

Для подогрева воды в летнее время в санатории установле­на гелиоустановка отечественного производства, позволяю­щая иметь теплую воду без расхода топлива.

Для экономии электроэнергии в учебных классах нового корпуса санатория установлено энергоэффективное освещение с применением светильников ГП ММЗ им. В.И. Вавилова ("БелОМО", г. Минск), использование которых позволяет снизить потребление электроэнергии в 1,5 раза, что по сравнению с первоначальным проектом обеспечивает более высокую освещенность учебных мест и классной доски при практически бесшумной работе аппаратуры.

Кроме того, в санатории установлено энергоэффективное наружное освещение, производимое на минском предприятии "Электрет", что не только обеспечивает снижение энергопотребления, но и повышает срок службы светильников.

В новых зданиях санатория установлены стеклопакеты с тройным остеклением производства "Барановичидрев". В старых зданиях внутренние стекла оконных рам заменены на стеклопакеты с двойным остеклением, что позволило в сумме получить тройное остекление.

В последние годы в Беларуси интенсивно развиваются конструктивно-технологические системы жилых зданий, обеспечивающие гибкость объемно-планировочных решений, снижение материалоемкости и энергозатрат при их последующей эксплуатации. Однако недостатком этих систем является то, что при проектировании каждый элемент здания рассматривается в отрыве от остальных, что не позволяет оптимизировать конструкцию в виде единой энергетической системы. Уменьшение уровня эксплуатационных теплопотерь достигается только путем утепления ограждающих конструкций, использования воздухонепроницаемых окон с повышенным сопротивлением теплопередаче. Инженерное обеспечение остается в стороне. В результате сохранение вентиляционной системы естественного типа, без механического побуждения, приводит к негативным явлениям - ухудшению качества воздушной среды, нарушениям температурного и влажностного режимов в помещениях. К этому следует добавить, что на вентиляционные выбросы в зданиях, строящихся по действующим нормативам, приходится до 50% теплопотерь.

Становится ясно, что логика развития современного строительства диктует необходимость перехода к проектированию зданий с механической, полностью контролируемой системой приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла уходящего из помещений воздуха. В ее основе лежат несколько причин, которые не могут быть устранены иным путем.

1. Новые нормативные значения термического сопротивления ограждающих конструкций приводят к распределению уровня теплопотерь, представленному на рис. 2. Как видно, максимальное значение, достигающее более 50%, относится к воздухообмену. Следовательно, дальнейшие перспективы энергосбережения в зданиях связаны прежде всего с возвратом тепла, уходящего из помещений с нагретым воздухом.

2. Переход к утепленным ограждающим конструкциям и окнам нового поколения с повышенным термическим сопротивлением обостряет проблему поддержания нормативного воздухообмена в помещениях. Более того, имеются противоречия в требованиях существующих нормативных документов. СНиП “Жилые здания” говорит о необходимости поддержания его кратности на уровне 3 м3/м2 жилой площади путем свободного воздухообмена в помещениях. Но при утепленной стене, герметичных оконных блоках и герметичной их заделке в стеновую конструкцию исчезают щели и отверстия, через которые мог бы поддерживаться нормативный уровень воздухообмена. Единственной возможностью остается открывание окон или форточек. Однако вследствие сильного загрязнения нижних слоев наружного воздуха в городе качество его в квартирах нижних этажей зданий не будет соответствовать санитарным нормам, уровень шума также превысит установленные пределы. Более того, в такой ситуации почти теряется смысл в производстве оконных блоков нового поколения и освоении окон с еще более высоким термическим сопротивлением. Устройство клапанов или сознательная разгерметизация оконных конструкций не укладывается в логику развития современных оконных технологий, так как не следует забывать, что окно прежде всего обеспечивает инсоляцию помещений.

Совершенно очевидно, что задачу вентиляции необходимо решать другими, проблемно ориентированными средствами.

3. Но даже обеспечение с помощью каких-либо технических средств притока воздуха и свободного воздухообмена не позволит поддерживать его нормативное значение. Уровень воздухообмена будет зависеть от множества причин:

- ветровой нагрузки;

- высоты расположения квартиры в многоэтажном здании;

- открытия окон и степени их уплотнения;

- состояния вытяжных вентиляционных шахт.

4. Сохранение свободного воздухообмена не позволяет решить задачу использования внутренних источников тепла и поступающей в помещение солнечной энергии в общей системе энергоснабжения здания. Как правило, избыток тепла в одной из комнат квартиры, например на кухне или в комнате на освещенном фасаде, уносится с вентиляционными выбросами. Если учесть, что нормируемое в СНБ “Теплозащита зданий” суммарное значение мощности внутренних источников тепла и поступающей в помещение солнечной энергии равно 21 Вт/м2, этот резерв может играть существенную роль в теплоснабжении.

В то же время трудно найти хотя бы одну убедительную причину, не позволяющую перейти уже сегодня к механической вентиляции помещений. Можно ли решить проблему воздухообмена в два этапа: вначале перейдя к системе механической вентиляции, позволяющей решить задачу контролируемого нормативного воздухообмена, и на втором этапе - к системам с рекуперацией тепла уходящего из помещений воздуха? Целесообразность такого подхода сомнительна. Две эти системы имеют значительное количество повторяющихся элементов:

- приточный и вытяжной вентиляторы;

- фильтры для очистки приточного и уходящего воздуха;

- распределительные воздуховоды;

- систему управления режимами воздухообмена.

Для перехода от одной системы к другой необходим только один элемент - рекуператор-теплообменник, обеспечивающий возврат тепла вентиляционных выбросов, то есть не имеет смысла, прыгнув к принципиально новой системе воздухообмена, зависнуть в воздухе, остановившись на полпути.

Существенным фактором, затрудняющим решение вопроса, является экономический - необходимость затрат на дополнительную инженерную систему. Влияние его можно уменьшить, перейдя одновременно с системой приточно-вытяжной вентиляции к воздушному отоплению жилых зданий. Однако при этом следует общий уровень теплопотерь здания снизить до величины, обеспечивающей совпадение кратности нормативного воздухообмена и необходимой кратности подачи воздуха в системе воздушного отопления.

Одна из проблем, которую необходимо решить в энергоэффективных зданиях, - выравнивание теплопотерь в различных их помещениях. Многоэтажность и значительная протяженность по фасаду приводят к неоднородности утечек тепла, зависящей от расположения квартиры.

Переход к проектированию и строительству зданий с приточно-вытяжной вентиляционной системой с рекуперацией тепла уходящего из помещений воздуха позволяет выйти на новый уровень энергоэффективности и совершить скачок в снижении энергопотерь. Однако нельзя ограничиваться только модернизацией системы вентиляции. Имеет смысл довести уровень теплопотерь помещений до значения, делающего целесообразным использование воздушного отопления. Этот уровень составляет для конкретных условий Республики Беларусь величину около 30 кВтч/м2 в год. Целесообразным представляется устройство системы утепления, выравнивающей теплопотери по всем помещениям здания независимо от местоположения.

В целях повышения энергоэффективности технических систем зданий, хотелось бы сделать несколько предложений:

1. Разработать и принять требования по обеспечению технической и экологической безопасности оборудования в автономных источниках пристроенных, встроенных и крышных котельных.

2. Разработать программу освоения отечественной промышленностью серийного производства крышных и встроенных котельных и котлов с герметичной топкой для поквартирных систем теплоснабжения, внутридомовых систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

3. Принять решение об обязательных натурных обследованиях качества теплозащиты конечного продукта капитального строительства с оформлением теплоэнергетического паспорта. Для реализации этого необходимо принять на уровне Федерального закона "Об обязательной паспортизации (включая теплоэнергетическую) всех отапливаемых зданий с нормируемым микроклиматом в помещениях".

4. Разработать нормы потребления тепловой энергии на отопление, горячее водоснабжение, а также нормы холодного водоснабжения.

5. Разработать и утвердить на федеральном уровне учетно-биллинговую методику определения расхода тепла индивидуальными потребителями, запретив для нового и реконструируемого жилья применение расчетного метода определения расхода, и утвердить только приборный учет и оплату потребления.

6. Создать программу проектирования и строительства экспериментальных демонстрационных энергоэффективных жилых зданий в каждом регионе с последующим внедрением эффективных технических решений в массовом жилом строительстве за счет средств инвесторов, федерального и местного бюджетов.

7. Скорректировать действующие СНиПы внесением изменений, отражающих рыночную экономику в строительстве, разработать рекомендации и эталонные проекты на базе накопленного за последнее десятилетие опыта проектирования и строительства зданий с современными системами отопления, вентиляции и теплоснабжения.

Однако параллельно с разработкой энергоэффективных технологий необходимо проводить и организационно-правовые, экономические и информационные мероприятия, целью которых с одной стороны является повышение уровня комфортабельности, жизнеобеспечения и безопасности жилья, а с другой - превращение коммунального теплоснабжения в прибыльную сферу экономики.

Одними из наиболее важных мероприятий в этом плане являются:

- совершенствование законодательства всех уровней, регулирующего отношения в сфере коммунального теплоснабжения и позволяющего гарантировать реализацию прав и обязанностей как покупателей, так и производителей тепла;

- создание условий экономической привлекательности для инвестиций в теплоснабжение через кредитование и льготное налогообложение хозяйствующих субъектов, обеспечивающих реализацию ресурсосберегающих технологий и эффективных форм управления ЖКХ, создание биллинговых компаний по опыту скандинавских стран с целью создания реальной конкуренции на рынке теплоснабжения;

- привлечение населения к решению вопросов энергосбережения через организацию сообществ собственников жилья и советов потребителей, а также информационная поддержка внедрения ресурсосберегающих технологий с использованием СМИ.

**Список использованных источников**

1. [Гительман Л.Д](http://litera.by/booksbyauthor/%C3%E8%F2%E5%EB%FC%EC%E0%ED+%CB.%C4.html), [Ратников Б.Е.](http://litera.by/booksbyauthor/%D0%E0%F2%ED%E8%EA%EE%E2+%C1.%C5..html) Энергетический бизнес. – М.: Дело, 2006. – 600 с.

2. Золотогоров В. Г. Организация и планирование производства. Практическое пособие. - Мн.: ФУАинформ, 2001. – 528 с.

3.: Учеб. пособие / М. В. Самойлов, В. В. Паневчик, А. Н. Ковалев. 2-е изд., стереотип. – Мн.: БГЭУ, 2002. – 198 с.

4. Синица Л. М. Организация производства: Учеб. пособие для студентов вузов. – 2- изд., перераб и доп. – Мн.: УП «ИВЦ Минфина», 2004. – 521 с.