

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ  
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОМЫШЛЕННОЕ  
И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»**  
(г. Минск, БНТУ — 24.05.2011)

УДК 69.004.183

**РАСХОД ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ  
В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*ЛОЗОВСКИЙ А.А*

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

Анализ процесса энергопотребления показал, что в строительном производстве на протяжении всего инвестиционного цикла используются различные виды топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), которые по признаку функционального назначения можно разделить на две основные группы: расход ТЭР на производственные и вспомогательные нужды. Расход ТЭР на производственные нужды включает в себя все затраты энергоресурсов на транспортные и технологические нужды. Энергопотребление данной группы связано с работой строительных машин, механизмов, техники, оборудования и пр. которые непосредственно участвуют в создании строительной продукции. Расход ТЭР на вспомогательные нужды включают в себя расход энергоресурсов на создание требуемых параметров микроклимата в бытовых и складских помещениях; соблюдение мер по технике безопасности, охране труда и окружающей среды; автоматизацию процессов управления и работу оргтехники, т.е. ТЭР необходимые для работы технологического оборудования и устройств, которые косвенно участвуют в создании строительной продукции, обеспечивая нормальные условия протекания строительно-монтажных процессов.

Расход энергоресурсов на транспортные нужды связан с работой транспортных и транспортирующих строительных машин и оборудования. Строительство промышленных и гражданских зданий и сооружений связано с перемещением значительного количества грузов. Так, для возведения 1 м<sup>3</sup> промышленного здания грузоперевозки составляют в среднем 0,15 т грузов, а для гражданских зданий – 0,4 т. Транспортные и связанные с ними погрузочно-разгрузочные работы влияют на энергоемкость и, следовательно, на стоимость строительной продукции. Доля транспортных расходов составляет 20–25 % общей стоимости и трудоемкости строительства зданий и сооружений [1, 2, 3]. В строительстве для перемещения грузов используются наземный, водный и воздушный виды транспорта. Свыше 90 % перевозок на объекты строительства осуществляется наземным транспортом: автомобильным, железнодорожным и трубопроводным. Выбор типа транспортных средств определяется особенностями транспортной сети, характером и количеством перемещаемых грузов, дальностью перевозок и временем, отведенным на их доставку и пр. [4, 5]. Энергозатраты на транспортные нужды включают:

- расход энергоресурсов на внеплощадочную транспортировку строительных материалов, изделий и конструкций, машин, механизмов и пр.;

- расход энергоресурсов на внутриплощадочную транспортировку строительных материалов, изделий и конструкций. Этот вид затрат предусматривает работу транспорта в пределах строительной площадки;

- расход энергоресурсов на внеплощадочную транспортировку людей;

- расход энергоресурсов на внутриплощадочную транспортировку людей.

Расход ТЭР на транспортные нужды зависит от множества различных факторов: объема работы транспорта, вида и типа транспортных средств, технического состояния транспортных средств, погодных условий, типа и массы перевозимых грузов, территориального размещения объекта, расстояния и условий перевозок, наличия холостых пробегов и пр. Расход топлива для автотранспорта, задействованного в строительном производстве, может увеличиваться:

- до 10 % в зимний период при низких отрицательных температурах окружающего воздуха;
- до 7 % в летний период при высоких положительных температурах окружающего воздуха;
- до 35 % в период сезонной распутицы, снежных заносов, при сильном снегопаде, гололедице и пр.;
- до 10 % при эксплуатации транспортных средств на строительных объектах в стесненных условиях;
- до 10 % при движении транспортных средств по свежесыпанному дорожному полотну;
- до 20 % при движении транспортных средств по пересеченной местности, естественным грунтовыми дорогам, временным внутрикарьерным и отвальным дорогам, подъездным путям, не имеющим твердого покрытия, а также при движении по стройплощадке без дорог с твердым покрытием и т. п.;
- до 10 % при эксплуатации транспортных средств с пересеченным холмистым рельефом;
- до 7 % при эксплуатации транспортных средств в населенных пунктах с численностью населения от 300 тысяч до 1 млн. человек и до 10 % — в населенных пунктах с численностью населения 1 – 3 млн. человек.
- до 10 % при эксплуатации транспортных средств в условиях частых технологических остановок (более чем 1 остановка на 1 км пробега);
- до 10 % при движении транспортных средств на малых или больших скоростях;
- до 10 % при перевозке грузовым автомобилем легковесных крупногабаритных грузов IV класса;
- до 7 % при эксплуатации автомобиля и автобуса, оборудованных кондиционерами или установками климатконтроля;
- до 50 % при работе автономного отопителя автобусов при температуре окружающего воздуха от +10 °С до 0°С и до 100 % — ниже 0 °С;
- до 6 % при эксплуатации транспортных средств с автоматической коробкой передач и пр.;
- при простоях механического транспортного средства в пунктах, где по условиям работы запрещается выключать двигатель

расход топлива на 1 час простоя соответствует расходу на 10 км пробега;

– при эксплуатации автомобиля с прицепом (полуприцепом) или при буксировке им неисправного транспортного средства, а также машины и механизма расход топлива увеличивается на каждую тонну массы прицепа (полуприцепа, буксируемого транспортного средства, машины или механизма): бензина – до 2,0 л; дизельного топлива – до 1,3 л; СПГ – до 2,0 м<sup>3</sup>; СУГ – до 2,5 л.

В реальных условиях строительства наблюдается одновременно наличие нескольких факторов, результирующее влияние которых определяется с учетом их суммы. Причем наиболее существенными являются природно-климатические и территориальные условия работы транспортных средств.

В зимнее время увеличение потребление топлива вызвано, прежде всего, дополнительным расходом на прогрев двигателя, обогрев воздуха кабины или салона автотранспорта, пробуксовкой колес на скользком покрытии дорог и пр. В летнее время увеличение расхода топлива обусловлено работой кондиционирующих установок для охлаждения внутреннего воздуха кабины машины или салона автобуса при перевозке людей и пр.

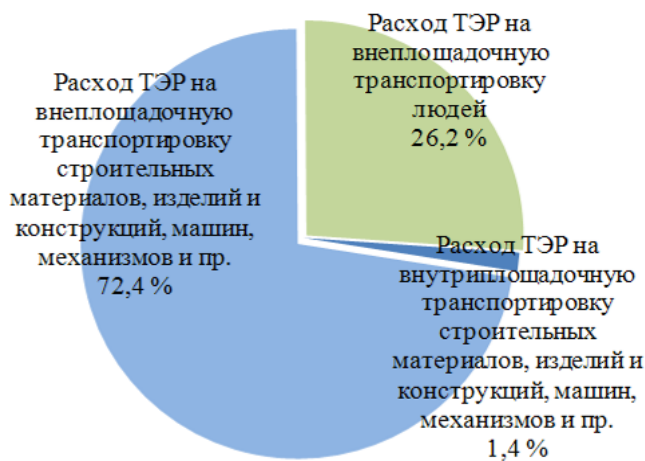


Рис. 1. Подгруппы расхода ТЭР на транспортные нужды

Расход энергоресурсов на технологические нужды непосредственно связан с технологией (производством) строительномонтажных работ. В данной группе рассматривается:

- расход энергоресурсов на работу машин и оборудования для земляных и свайных работ;

- расход энергоресурсов на работу погрузочно-разгрузочных и грузоподъемных машин и механизмов, связанной с разгрузкой, складированием строительных материалов, изделий и конструкций, в т.ч. инженерного и технологического оборудования, а также их монтажом;

- расход энергоресурсов на работу машин и оборудования для бетонных, отделочных и гидроизоляционных (кровельных) работ и создания необходимого температурно-влажностного режима в местах их производства;

- расход энергоресурсов при наладке инженерного и технологического оборудования и вводе объекта строительства в эксплуатацию.

Земляные работы характеризуются значительной стоимостью и особенно трудоемкостью. В промышленном строительстве они составляют около 15 % стоимости и 18–20 % трудоемкости общего объема работ [6]. При производстве земляных и свайных работ используются различные землеройные машины и механизмы. Наиболее распространены машины, работающие на дизельном топливе и электричестве.

Структура и величина расхода ТЭР при выполнении земляных работ зависит от множества факторов: объема выполняемых работ, физико-механических свойств разрабатываемого грунта, принятой технологии и организации производства работ, технических свойств и состояния используемых машин и механизмов, условий транспортировки и складирования разрабатываемого грунта, метеорологических условий, сменности выполнения работ и пр.

В большинстве случаев расход энергоресурсов при выполнении земляных работ в зимнее время резко увеличивается и может возрастать до 450 %, но иногда отрицательные температуры наружного воздуха могут положительно сказаться на расходе ТЭР, например, при необходимости выполнения усиления грунтов и водопонижения уровня грунтовых вод. В межсезонные периоды наблюдалось некоторое увеличение расхода энергоресурсов за счет выполнения большего объема работ под неполной нагрузкой, вследствие чрез-

мерной влажности разрабатываемого грунта. Так при сильном увлажнении глинистых грунтов снижается наполнение ковша экскаваторов на 10–15 %, что приводит к выполнению дополнительной работы и перерасходу ТЭР.

Монтаж строительных конструкций является ведущим технологическим процессом в строительном производстве. В строительном производстве используются различные грузоподъемные машины и механизмы. Для таких типов машин наиболее существенными факторы, влияющие на величину расхода энергоресурсов являются: технические свойства и состояние используемых грузоподъемных машин и механизмов, принятая технология монтажа, организация строительной площадки, тип используемых грузоподъемных машин и механизмов, общая масса груза и масса груза, подаваемого за один подъём, уровень организации труда рабочих-монтажников, тип используемых строповочных и такелажных приспособлений и пр.

Бетонные, отделочные и гидроизоляционные (кровельные) работы являются высокоэнергоемкими работами. Это обусловлено:

- работой бетоносмесителей, бетононасосов, бетоноукладчиков, уплотнителей бетонной смеси и пр.;

- работой различных машин и механизированного инструмента с целью увеличения механизации ручного труда. К основным потребителям энергоресурсов в данной подгруппе можно отнести машины для штукатурных (штукатурные станции и агрегаты) и малярных работ (передвижные шпаклевочные и окрасочные агрегаты, краскопульты и пр.), машины для устройства полов (виброрейки, машины для заглаживания бетонных полов, мозаично-шлифовальные и строгальные машины и пр.), машины для выполнения гидроизоляционных работ (передвижные станции, посредством которых механизуется разгрузка мастичных материалов и их разжижение с последующей подачей и нанесением на поверхность распыливанием, горелки для разогрева покровного мастичного слоя до температуры плавления и пр.);

- работой технологического оборудования для создания необходимого температурно-влажностного режима в местах их производства.

Для этой подгруппы наиболее весомыми факторами являются: температура и влажность окружающего воздуха, объем выполняе-

мых работ, технические свойства и состояние используемых машин и механизмов, принятая технология и организация производства работ, конструктивные особенности объекта строительства и пр.

Расход ТЭР при наладке инженерного и технологического оборудования и вводе объекта в эксплуатацию может значительно отличаться для различных объектов с разным функциональным назначением, инженерным и технологическим оборудованием и пр. Тип и особенности инженерного и технологического оборудования наиболее главные факторы, влияющие на расход ТЭР.

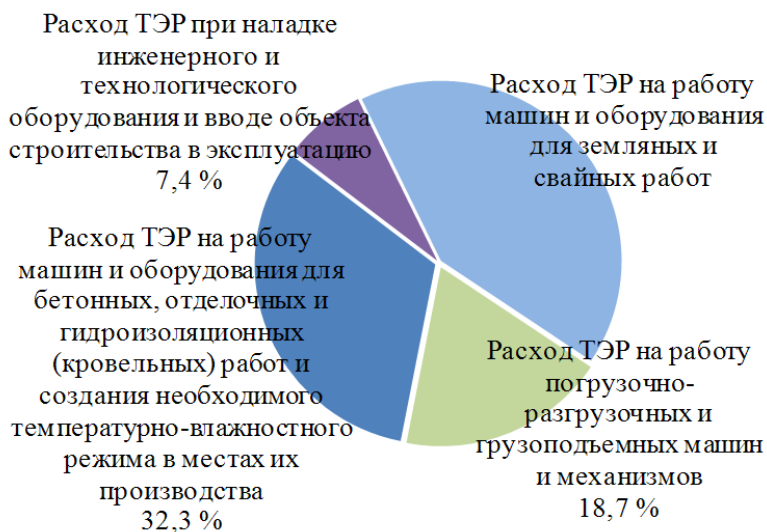


Рис. 2. Подгруппы расхода ТЭР на технологические нужды

Расход энергоресурсов на вспомогательные нужды существенно зависит от поры времени года, температуры наружного воздуха и значительно возрастает с её понижением. Это обусловлено необходимостью дополнительного обогрева и освещения мест производства работ, бытовых и складских помещений. Также наблюдается некоторое увеличение расхода ТЭР и в летнее время при относительно высоких температурах наружного воздуха, вследствие необходимости кондиционирования помещений и мест пребывания людей. В соответствии с предлагаемой классификацией эта группа включает следующие подгруппы:

- расход энергоресурсов на создание требуемых параметров микроклимата и комфортных условий в местах постоянного и временного пребывания людей;
- расход энергоресурсов на создание требуемых параметров микроклимата в складских и подсобных помещениях;
- расход энергоресурсов на освещение (рабочее, аварийное и охранное), в т.ч. на освещение бытовых помещений, складов, дорог, проездов и проходов и пр.;
- расход энергоресурсов на работу средств автоматизированных систем управления, оргтехники и пр. [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Анализ энергопотребления на вспомогательные нужды в строительном производстве показал, что расход ТЭР в холодное время года значительно возрастает в связи с работой теплогенерирующих установок и устройств для отопления бытовых и складских помещений, обогрева рабочих мест и пр.

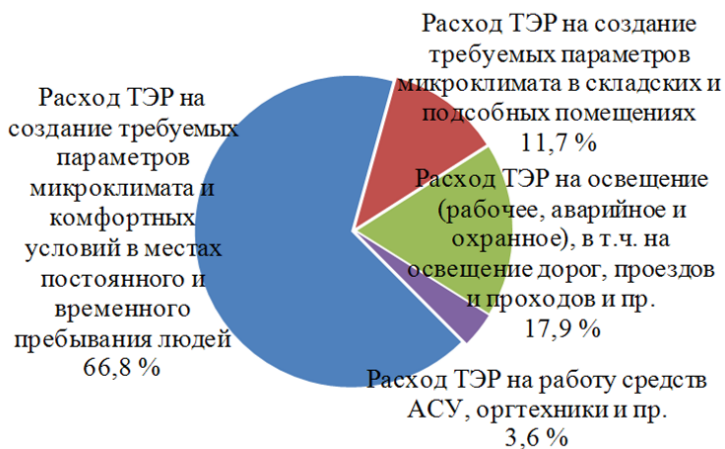


Рис. 3. Подгруппы расхода ТЭР на вспомогательные нужды

Для этой группы к наиболее значимым факторам, влияющим на величину расхода энергоресурсов относятся: метеорологические параметры окружающей среды (температура, влажность, ветер и т. д.), требуемые параметры микроклимата в бытовых и складских помещениях и на рабочих местах, теплотехнические характеристики рабочих мест и бытовых и складских помещений, время работы, тип и мощность отопительных, осветительных, вентиляционных и



кондиционирующих устройств, средств АСУ и оргтехники, тепло-технические характеристики рабочих мест и бытовых помещений, объем помещений, количество работающих на объекте строительства, принятая организация питания и отдыха рабочих, автоматизация процессов регулирования отопления и освещения и пр.

## **ВЫВОДЫ**

Расход ТЭР в строительном производстве рационально рассматривать как совокупность различных видов энергоресурсов, выделенных по признаку функционального назначения.

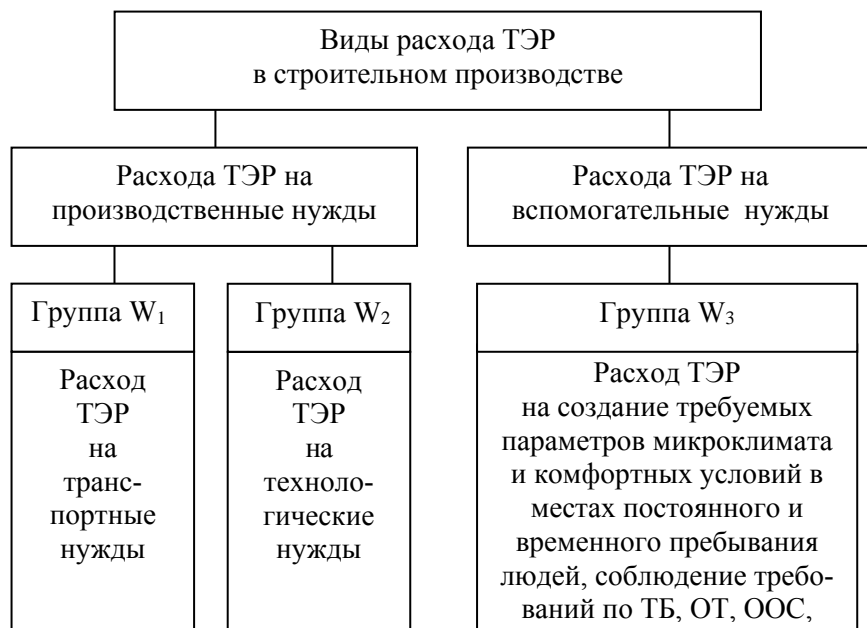


Рис. 4. Группы расхода ТЭР в строительном производстве

Анализ первичной и вторичной информации позволил установить структуру расхода ТЭР в строительном производстве, в которой определены удельные веса каждой группы и подгруппы энергопотребления.

В группе энергопотребления на транспортные нужды наиболее весомыми являются подгруппы расхода ТЭР на внеплощадочную транспортировку строительных материалов, изделий и конструкций, машин, механизмов — 72,4% от общего количества энергоресурсов данной группы. Удельная энергоемкость работы транспорта колеблется в пределах 123,93 – 188,09 кг у. т. / УЕ СМР и зависит от множества факторов, среди которых наиболее значимыми являются метеорологические и территориальные. Суммарное влияние всех факторов может привести к увеличению расхода ТЭР на транспортные нужды до 150 %. В группе энергопотребления на технологические нужды наибольший расход ТЭР наблюдается при производстве земляных работ (41,6 %) и выполнении «мокрых» т. е. бетонных, штукатурных, гидроизоляционных (кровельных) и пр. и работ (32,3%). Удельная энергоемкость земляных работ при отрывке котлована экскаватором ЭО 3322 составила 295,80 кг у.т./УЕ СМР, а при обратной засыпке траншей бульдозером ДЗ-24 — 620,80 кг у.т./УЕ СМР; удельная энергоемкость грузоподъемных работ при монтаже панелей перекрытий краном КБ 403 составила 44,58 кг у. т. / УЕ СМР, а при монтаже фундаментных блоков краном КС 4562 — 260,68 кг у. т. / УЕ СМР; удельная энергоемкость штукатурных работ при использовании штукатурной станции ШС-6 составляет 8,46 кг у. т. / УЕ СМР.

Расход энергоресурсов в строительном производстве зависит от множества факторов. Наиболее значимым из них является метеорологический фактор, связанный преимущественно с температурой воздуха окружающей среды. Влияние низких отрицательных температур могут привести к увеличению расхода ТЭР при производстве земляных и «мокрых» работ на 450 % и 980 % . Другим не менее важным фактором является техническое состояние и вид энергопотребителя. При работе вхолостую или под неполной нагрузкой энергопотребители с двигателями внутреннего сгорания потребляют значительно больше ТЭР в отличие от энергопотребителей с электродвигателями, а также при технологическом простое электродвигатели выключены и не потребляют энергоресурсы в отличие от двигателей внутреннего сгорания. Расход электроэнергии электромоторами практически не зависит от температуры окружающего воздуха, в то время как, для машин и механизмов, работающих на жидком или газообразном топливе, расход ТЭР значительно увели-

чивается с понижением температуры окружающего воздуха и может достигать 40 % от линейной нормы расхода.

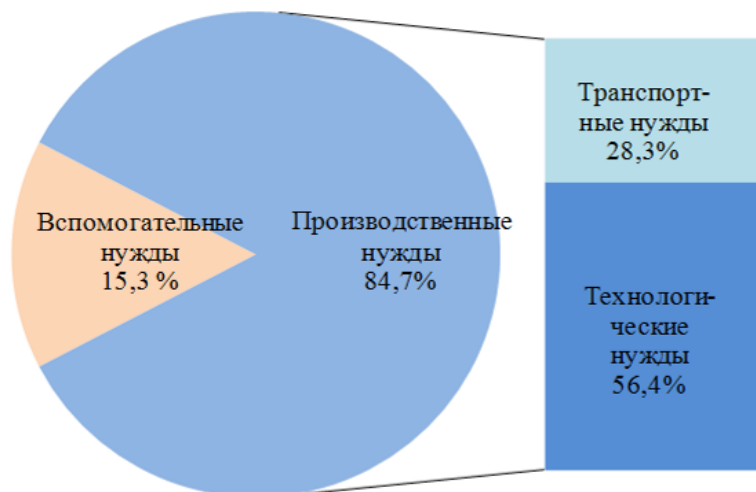


Рис. 5. Структура расхода ТЭР в строительном производстве

Энергопотребление на вспомогательные нужды в значительной степени зависит от времени поры года и сильно увеличивается (до 1045 %) в зимнее время). Это связано, прежде всего, с отоплением бытовых и складских помещений, обогревом рабочих мест, а также с большим временем работы осветительных устройств.

Выполненный анализ позволил определить структуру энергопотребления в строительном производстве, выявить причины нерационального расхода ТЭР, выделить значимые факторы, влияющие на производственные затраты и потери энергоресурсов в строительном производстве. Выявленные причины и факторы будут учтены в дальнейшем при поиске решений проблемы энергосбережения в строительном производстве.

### ***ЛИТЕРАТУРА***

1. Атаев, С.С. Технология строительного производства: учебник для вузов по специальности «Промышленное и гражданское строительство» / С.С. Атаев, Н.Н. Данилов, Б.В. Прыкин, Т.М. Шталь, Э.В. Овчинников. – М.: Стройиздат, 1984. – 560 с.

2. Атаев, С.С. Технология, механизация и автоматизация строительства: учебник для вузов по специальности «Экономика и управление в строительстве» / С.С. Атаев, С.Я. Луцкий, В.А. Бондарик, И.Н. Громов, Л.И. Бланк, О.Б. Дмитрук, Э.В. Овчинников, А.Г. Поршневу, А.Ф. Тихонов; под ред. С.С. Атаева. – М.: Высшая школа, 1990. – 592 с.
3. Бадьин, Г.М. Справочник строителя–ремонтника / Г.М. Бадьин, В.А. Заренков, В.К. Иноземцев. – М.: АСВ, 2000. – 542 с.
4. Строительные машины: учебник для вузов по специальности ПГС / Д.П. Волков, Н.И. Алешин, В.Я. Крикун, О.Е. Рынсков; под ред. Д.П. Волкова. – М.: Высшая школа, 1998. – 319 с.
5. Baukatalog: Baumaschinen. – Berlin : Bauinformation, 1975. – 51 s.: Bild.
6. Механизация и автоматизация в строительстве / Учебно–методическое объединение высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию в области строительства и архитектуры; редкол.: А.В. Вавилов [и др.]. – Минск: БНТУ, 2003. – 11 с.
7. Дикман, Л.Г. Организация и планирование строительного производства: Управление строительными предприятиями с основами АСУ: учебник для строит. вузов и фак. / Л.Г. Дикман. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1988. – 559 с.
8. Селезнев, А.И. Итоги социально–экономического развития строительного комплекса республики и организаций Минстройархитектуры за первое полугодие 2007 г. / А.И. Селезнев // Республиканская строительная газета. – 2007. – 27 июля. – С. 24.
9. Трушкевич, А.И. Организация проектирования и строительства: учебник / А.И. Трушкевич. – Минск: Выш. школа, 2009. – 479 с.
10. Трушкевич, А.И. Организация проектирования и строительства: учеб. пособие / А.И. Трушкевич. – Минск: Вышэйшая школа, 2003. – 416с.
11. Управление в строительстве: учебник для вузов / В.М. Васильев, Ю.П. Панибратов, С.Д. Резник, В.А. Хитров; под общ. ред. В.М. Васильева. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд–во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2001. – 352 с.
12. Gossmann, H. Planung und Einrichtung der Baustelle im Hochbau / H. Gossmann. – Leipzig: Fachbuchverl., 1957. – 280 s.: 136 Bild.