

*Вторичные  
энергетические  
ресурсы*

Ершова Е.В.

# В конце занятия вы должны знать:

- Определение понятия «вторичные энергетические ресурсы»
- Виды ВЭР
- Основные направления использования ВЭР потребителями
- Пути использования ВЭР в промышленности



- Понятие «энергетические отходы производства» включает все потери в энергоиспользующих агрегатах, а также энергетический потенциал готовой продукции.



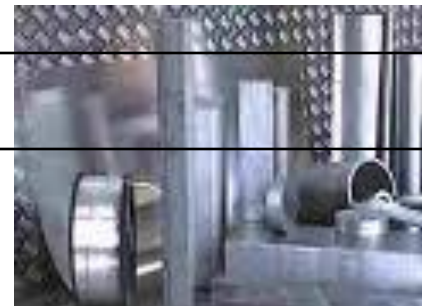
# Вторичные энергетические ресурсы

- это энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках), который *не используется в самом агрегате, но может быть* частично или полностью использован для энергоснабжения других потребителей.





| Материал | Потери после одноразового применения | Экономия энергозатрат при производстве из вторичного сырья                              |
|----------|--------------------------------------|---|
| алюминий | 2/3                                  | 5% энергии, затрачиваемой на добычу алюминия из бокситов, требуется для его регенерации |
| бумага   | 3/4                                  | на 25-60% меньше  |
| сталь    | 3/4                                  | 65%   |
| стекло   |                                      | 33%   |



Теплота уносится также с вентиляционным воздухом, с канализационными и бытовыми стоками. Согласно расчетам, из 1,7 млрд. т у. т., расходуемого в стране за год, полезно используется примерно 700 млн. т. у. т. Утилизация ВЭР позволит получить большую экономию топлива и существенно уменьшить капитальные затраты на создание соответствующих энергоснабжающих установок, так как при одинаковом эффекте затраты на улучшение использования энергоресурсов в 1,5-2 раза ниже затрат на добычу топлива.



Энергетические отходы можно разделить на два рода:

## Первый род

недоиспользованный энергетический потенциал первичного энергоресурса — продукты неполного сгорания топлива, тепло дымовых газов, «мятый» пар из паротурбоприводов, тепло конденсата, сбросных вод и т.п



## Второй род

проявления физико-химических свойств материалов в ходе их обработки — горючие газы доменных, фосфорных и других печей, тепло готовой продукции, теплота экзотермических реакций, избыточное давление жидкостей и газов, возникающее по условию протекания технологического процесса и т.п.

## ВЭР первого рода

- следует стремиться *устранить или снизить* их выход, и только тогда, когда все подобные меры приняты, *использовать*.



## ВЭР второго рода

- побочный результат технологии, поэтому необходимо либо *создать* на их базе комбинированный *энерготехнологический агрегат* с выработкой одновременно энергетической и неэнергетической продукции, либо *утилизировать* иным путем при помощи специального утилизационного оборудования.



# **Классификация вторичных энергетических ресурсов промышленности**

- 1. Горючие**
- 2. Тепловые**
- 3. Избыточного давления**



**1. Горючие (топливные) ВЭР –**  
химическая энергия отходов  
технологических процессов  
химической и термохимической  
переработки сырья, а именно это:  
– побочные горючие газы  
плавильных печей (доменный газ).

Их энергетический потенциал  
определяется теплотой сгорания.



– горючие отходы процессов химической и термохимической переработки углеродистого сырья (синтез, отходы электродного производства, горючие газы при получении исходного сырья для пластмасс, каучука и т.д.)



– твёрдые и жидкие топливные отходы, не используемые (не пригодные) для дальнейшего технологической переработки



– отходы деревообработки, щелок целлюлозно-бумажного производства.



**2. Тепловые ВЭР** – это тепло отходящих газов при сжигании топлива, тепло воды или воздуха, использованных для охлаждения технологических агрегатов и установок, теплоотходов производства, например, горячих металлургических шлаков. Энергетический потенциал определяется теплосодержанием теплоносителей.



Одним из весьма перспективных направлений использования тепла слабо нагретых вод является применение так называемых тепловых насосов, работающих по тому же принципу, что и компрессорный агрегат в домашнем холодильнике. Тепловой насос отбирает тепло от сбросной воды и аккумулирует тепловую энергию при температуре около  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , иными словами, эта энергия становится пригодной для использования в системах отопления и вентиляции.

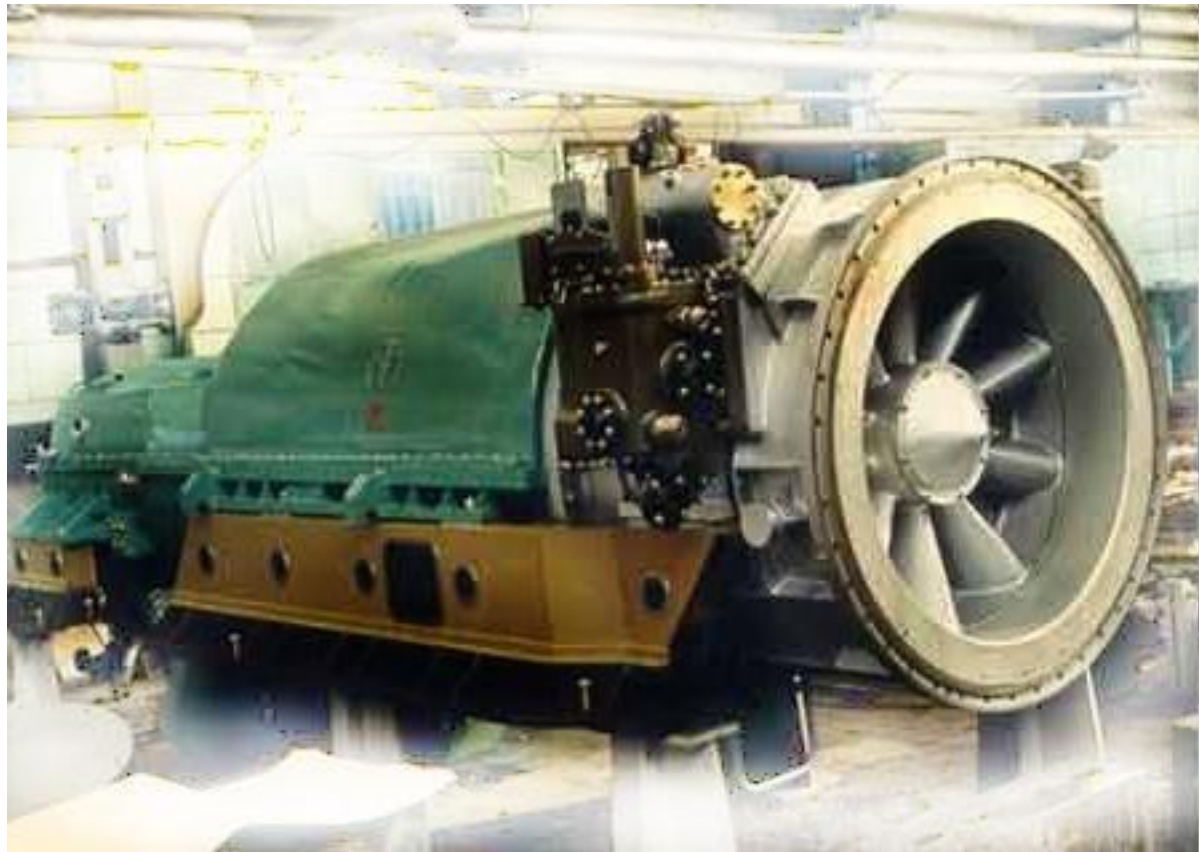


**3. ВЭР избыточного давления (напора) – это** потенциальная энергия газов, жидкостей и сыпучих тел, покидающих технологические агрегаты с избыточным давлением (напором), которое необходимо снижать перед последующей ступенью использования или при выбросе их в окружающую среду. Энергетический потенциал определяется *давлением для энергоносителей – жидкостей; давлением и температурой, определяющих возможную работу изоэнтропного расширения для газов и паров.*





Примером применения этих ресурсов может служить использование избыточного давления доменного газа в утилизационных бескомпрессорных турбинах для выработки электрической энергии.



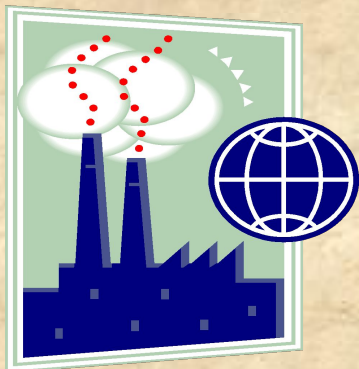
Для количественной оценки вторичных энергоресурсов обычно рассматривается несколько значений:

**выход** — количество ВЭР, образующихся в процессе производства в данном технологическом агрегате за единицу времени;



**выработка энергии за счет ВЭР**

— количество тепла, холода, механической работы или электроэнергии, получаемое в утилизационных установках. При этом различаются:



- **возможная выработка** — максимальное количество тепла, холода, механической работы или электроэнергии, которое может быть практически получено за счет данного вида ВЭР с учетом режимов работы агрегата — источника ВЭР и КПД утилизационной установки;
- **экономически целесообразная выработка** — максимальное количество тепла, холода, механической работы или электроэнергии, целесообразность получения которого в утилизационной установке подтверждается экономическими расчетами с учетом энергоэкономического эффекта у потребителя;





- **фактическая выработка** - фактически полученное количество тепла, холода, механической работы или электроэнергии на действующих утилизационных установках.



## *Теплота охлаждающей воды:*

В установках испарительного охлаждения выход пара 0,1 т/т чугуна и 0,2 т/т мартеновской стали. Все технологические вопросы испарительного охлаждения печей решены и требуется максимально широкое внедрения способа в производство.

Необходимо улучшить технические решения по унификации охлаждаемых элементов, повышению давления пара, улучшить контроль за плотностью схем охлаждения, усовершенствовать автоматику утилизирующих установок. Необходимо распространение опыта чёрной металлургии в химическую промышленность, машиностроение и т. д.

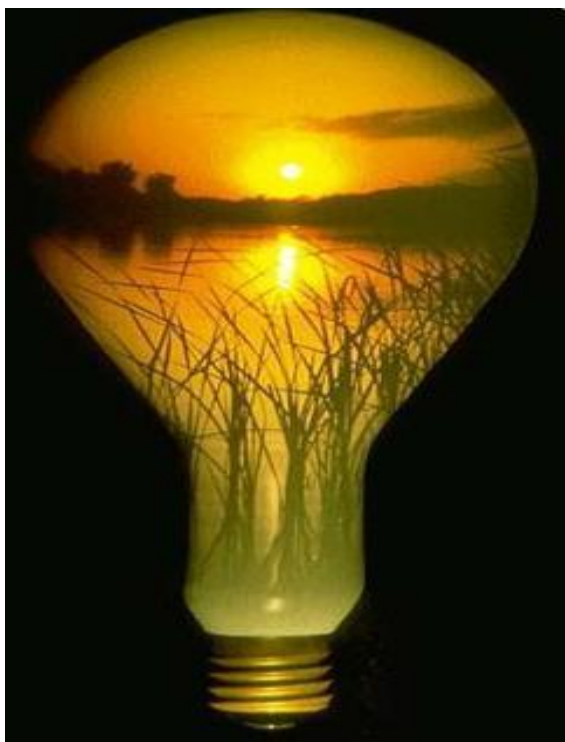


**ВЭР имеются также на электрических станциях и представляют собой тепловые отходы или потери тепла, получаемые в процессе энергопроизводства.**

**На гидроэлектростанциях такими тепловыми отходами являются только тепловыделения в гидротурбинах станциях.**



# Основные направления использования потребителями ВЭР:



- *топливное* – непосредственное использование горючих ВЭР в качестве топлива;
- *тепловое* – использование тепла, получаемого непосредственно в качестве тепла или вырабатываемого за счет горючих ВЭР в утилизационных установках;

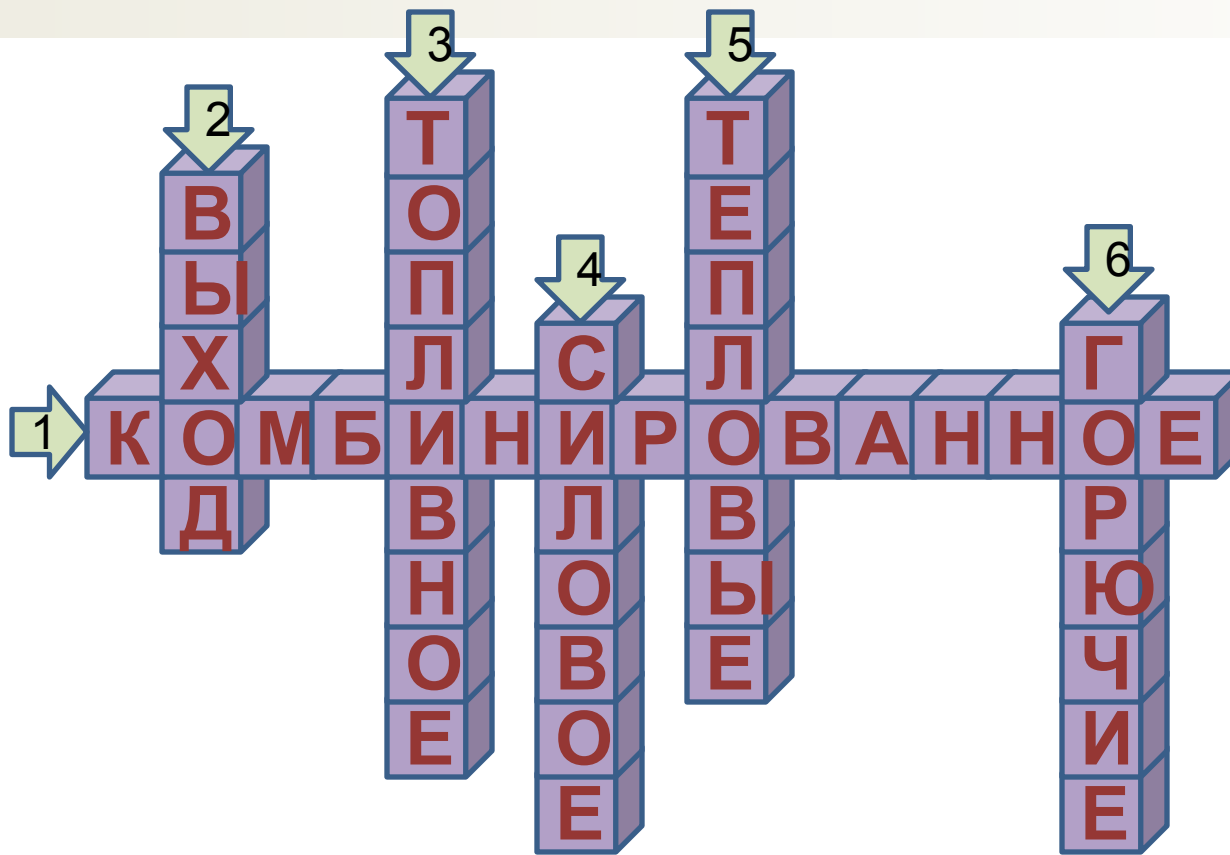
- *силовое (механическое)* –  
использование механической  
энергии, получаемой в  
силовых установках за счет  
тепловых или горючих ВЭР;  
- *комбинированное* -  
тепловая и электрическая  
(механическая) энергия,  
одновременно  
вырабатываемые из ВЭР в  
утилизационных установках.





# Использование вторичных энергетических ресурсов в промышленности

*Подобные энергетические ресурсы можно использовать для удовлетворения потребностей в топливе и энергии либо непосредственно (без изменения вида энергоносителя), либо путём выработки тепла, электроэнергии, холода и механической энергии в утилизационных установках. Большинство горючих ВЭР употребляются непосредственно в виде топлива, однако некоторые из них требуют специальных утилизационных установок. Непосредственно применяются также некоторые тепловые ВЭР (например, горячая вода систем охлаждения для отопления).*



Одна из форм направлений, в котором тепловая и химическая энергия, содержащаяся в коксификаторе, используется для производства электричества в процессе сжигания топлива в котле. В настоящее время в мире существует несколько установок, работающих на основе комбинированной системы тепловых и химических горючих ВЭР. и термохимической переработки сырья.



## Оценка доли вторичного сырья в производстве важнейших видов промышленной продукции

| продукция   | вторичное сырье  | доля вторичного сырья в производстве продукции, % |
|---|--|---|
| Картонно-бумажная продукция                             | Макулатура   | 18,0  |
| Сталь   | Лом черных металлов  | 27,0  |
| Продукция из термопластичных полимеров                  | Дробленка, агломерат, гранулят из отходов термопласта                | 4,2   |
| Резинотехнические изделия                               | Крошка резиновая, регенерат  | 3–4   |
| Нерудные строительные материалы (щебень, гравий, песок) | Отходы добычи и обогащения, шлаки металлургические, золы и шлаки ТЭС | 3–4   |

# Источники и пути использования ВЭР в черной металлургии

- Горючие газы – отходы основного производства. Доменный и коксовый газы практически используются полностью. Использование ферросплавного газа возможно для технологических (подогрев материалов, частичное предварительное восстановление сырья) и теплофикационных целей, сжиганием в котельной. Конвертерный газ частично используют в охладителях, но полное использование его ещё не решено.



# Теплота продуктов сгорания печей:



У мартеновских печей теплота продуктов сгорания равна 12,5 ГДж/т стали, у нагревательных печей 0,8 ГДж/т проката.

Использование этой теплоты возможно в котлах-утилизаторах при условии оснащения их виброочисткой, дробеочисткой. Возможно использование этой теплоты для нагрева шахты в шахтных подогревателях.

*Теплота материалов:* Потери составляют: 1 ГДж/т жидкого чугуна, 1,2ГДж/т жидкой стали, 0,8 ГДж/т жидкого шлака, 12 ГДж/т кокса, 0,6 ГДж/т агломерата. Решено только использование теплоты кокса. В установках сухого тушения получают 0,3 – 0,4 т пара/т кокса. Использование теплоты чугуна, стали, шлака не налажено. Использование теплоты агломерата повторным использованием охлаждающего воздуха для нагрева шихты на 25-30 % снижает содержание углерода в шихте, что выгодно для основного технологического процесса. Использование теплоты шлака возможно при создании новых типов грануляторов.



# Источники и пути использования ВЭР в цветной металлургии

Большие резервы по эффективному использованию ВЭР имеются и на предприятиях цветной металлургии.

Эффективным в цветной металлургии является использование тепла уходящих дымовых газов для подогрева воздуха, поступающего в печи для сжигания топлива. Это экономит топливо, улучшает процесс его горения и, кроме того, повышает производительность печи. Однако с дымовыми газами уносится ещё значительное количество тепловой энергии, которая может использоваться в котлах-утилизаторах для выработки пара.





# Автомобильные шины как топливо



| Страна     | Количество изношенных шин в год   |                  |
|------------|---|------------------|
| США        | 237 млн. шт. (190 млн. – от легковых и 47 млн. от грузовых автомобилей) | 1,9 млн. т       |
| Англия     | 30 млн. шт.   | более 200 тыс. т |
| Италия     |   | около 400 тыс. т |
| Страны СНГ | 50 млн. шт.   |                  |





- Резиновая крошка как топливный материал используется в виде 10%-ной добавки при сжигании угля. В **США** проводится эксперимент по сжиганию резины крупного дробления (до 25 мм) в циклонных топках энергетических котлов. Доля резины составляет 2-3% от массы угольного топлива.
- В **Германии** ежегодно из 400 тыс. т изношенных шин сжигается в обжиговых печах 170 тыс. т.
- Сложность процесса дробления изношенных шин (особенно с металлокордом) стимулировала развитие технологии сжигания шин в цельном виде. В **Англии** фирма «Avon Rubber» с 1973 г. эксплуатирует печи для сжигания шин в цельном виде, т. е. имеет уже почти 30-летний опыт в этой области.



- В **Италии** проведены опыты на экспериментальной установке по сжиганию шин в цельном виде. Фирмой «Del Monego» сооружена установка с вращающейся печью, которая позволяет загружать шины диаметром до 120 см и массой 70 кг.
- В **США** развивается строительство электростанций, использующих в качестве топлива только автомобильные шины. Фирма «Oxford Energy» построила и эксплуатирует в г. Модесто электростанцию мощностью 14 МВт для сжигания 50 тыс. т шин в цельном виде. На основании успешного опыта сжигания шин в США планируется построить 12 таких электростанций.
- В **Великобритании** рассматривается вопрос строительства электростанций мощностью 20-30 МВт для сжигания 12 млн. шин в массе 90 тыс. т.





- В настоящее время фирмой «Firestone Tyres» в США проведены успешные опыты по трансформированию резины в метанол с получением пылевидной сажи, соответствующей стандарту для резинотехнического производства. Первая установка имеет производительность по метанолу 300 т/сутки. Установка рассчитана на переработку шин легковых автомобилей диаметром 50 см. Основным процессом деструкции резины для дальнейшего трансформирования продуктов разложения в метанол является пиролиз в окислительной камере при температуре 1000 °С. Для переработки шин необходимо их разрезать на части с отделением борта, который используется как побочный товарный продукт.

# Первый вариант



- применение остаточных крупных установок для сжигания. По этому пути идут в США, Великобритании, Италии. Так, две установки в Великобритании (строительство первой из которых ведется с участием США) могут обеспечить утилизацию 50% шин в стране. Создание крупных установок технически более целесообразно и в наших условиях. Из освоенного промышленного оборудования можно подобрать печи, котлы-утилизаторы, газовые фильтры. Но подобный подход требует организации сбора и доставки шин, т.е. дополнительного транспортного звена в технологии.



# *Второй вариант*

- создание небольших установок, отвечающих современным экологическим требованиям. Малые установки по сжиганию шин могут сооружаться в составе автотранспортных предприятий как надстройки котельных, которые, как правило, имеются на этих предприятиях.



# Русский реактор



В ходе экспериментального запуска "Русского реактора" было уничтожено 80 тонн бывших в употреблении автошин. В «сухом осадке» оказалось 10 тонн искусственной нефти, которая после элементарной перегонки превратилась в первоклассное дизельное топливо, а также - 40 тонн высокодисперсной сажи, очень необходимой для производства красителей. Этот результат специалисты без натяжек назвали ошеломляющим.

- Общие принципы:  
исходное сырье  
разлагается при  
высоких  
«металлургических»  
температурах,  
поддерживаемых  
специальными  
катализаторами, и в  
процессе достигнутой  
реакции пиролиза.



- Промышленная установка по переработке автопокрышек имеет расчетную мощность 5000 тонн сухого сырья в год (330 рабочих суток).
- Суточная производительность - 15,2 тонны. За сутки предусмотрена выработка 6,4 тонны жидкого топлива, 4,56 тонны обуглероженного остатка (в том числе сажи), 1,52 тонны переплавленного металлокорда, десятки кубометров газа.





- При этом часть пиролизного газа используется сразу на поддержание технологического процесса (от 30 до 50 процентов). Оставшийся газ можно накапливать в специальных емкостях и использовать в дальнейшем как бесплатное топливо.



- В ином случае газ просто сжигается в факеле. Часть обуглероженного остатка (4,56 тонны) в дальнейшем может найти применение в качестве сорбента (активированного угля), в производстве высокочистого углерода, сырья для заводов резинотехнического профиля, пигмента для лаков и красок. Высококачественный металл, полученный из металлокорда, также найдет себе применение. До начала пиролиза покрышки подлежат предварительной разделке.



# Вторичное использование ртутных ламп



**Ртутные лампы**

**металлические  
цоколи**

**стекло**

**ртутьсодержащий  
люминофор**

**Используется как  
вторичное сырье**

**Сырье для получения  
ртути на  
специализированных  
предприятиях**

# Вторичное использование стекла

Стеклобой тарного и строительного стекла, бой кинескопов, отходы специальных стекол, бытовые отходы стекла (бутылки, банки и т.д.), жидкое стекло

переработка

**гранулированное теплоизоляционное  
пеностекло**

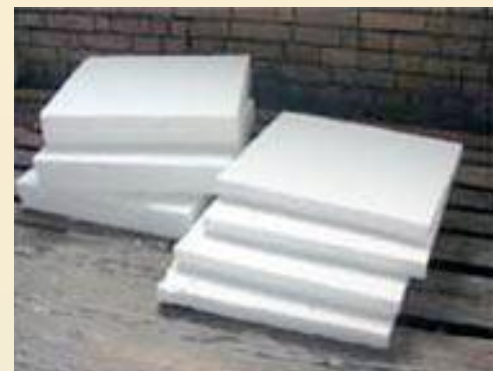
**теплоизолирующие  
плиты**

**особо легкий  
заполнитель для  
производства  
строительных  
блоков**

**теплоизоляционной  
засыпки**

## ***Теплоизоляционная засыпка применяется:***

- в строительной индустрии
- в промышленном оборудовании
- в установках глубокого и умеренного холода
- на теплотрассах
- в теплоизоляционных оболочках



## ***Свойства:***

- Особо низкая плотность
- Высокая тепло- и звукоизоляция
- Негорючесть



# Теплоизолирующие плиты



- **Сырье:** текстильные отходы из натуральных, искусственных и синтетических волокон (отходы производства хлопка, льна, шерсти, содержимое пыльных камер текстильных производств, отходы трикотажной и швейной промышленности и др.), макулатуру, неорганические связующие.

**Применение:** для утепления ограждающих конструкций и устройства звукоизоляционных прокладок или слоев в полах при строительстве.

Из макулатуры и отходов ламинированной бумаги производят экологически чистые полимерно-бумажные плиты, которые используются для внутренней облицовки производственных и жилых помещений.



# Эковата



представляет собой рыхлый, очень легкий теплоизоляционный материал, состоящий на 81% из вторичной целлюлозы и на 19% из нелетучих антипиренов и антисептиков.

- не содержит вредных для здоровья веществ, является экологически безопасным;
- обладает высокой теплоизолирующей способностью;
- предотвращает образование конденсата;
- обладает высокими звукоизоляционными свойствами;
- эффективная защита конструкций от гниения, останавливает уже начавшийся рост грибков, предотвращает появление грызунов и насекомых;
- монолитность теплоизоляционного слоя;
- позволяет зданию "дышать" - по принципу деревянного дома (пароизоляция не требуется).

# Вторичное использование бетона и железобетона



**бетонные и железобетонные изделия**

**Строительный щебень**

**Арматурная сталь**

- обустройство щебёночных оснований под полы и фундаменты зданий;
- под асфальтобетонные покрытия дорог;
- при отсыпке временных дорог;
- при подсыпке под все виды тротуарных дорожек;
- при подсыпке под автостоянки и асфальтированные площадки



*Повышение уровня утилизации  
вторичных энергетических ресурсов  
обеспечивает:*

- ЭКОНОМИЮ ТОПЛИВА**
- ЭКОНОМИЮ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ**
- предотвращает загрязнение  
окружающей среды**
- снижение себестоимости продукции  
нефтеперерабатывающих и  
нефтехимических предприятий**

# Контроль



- 1. Что включает в себя понятие «энергетические отходы производства»?
- 2. Дайте определение вторичным энергетическим ресурсам.
- 3. Какие энергетические отходы можно отнести к первому роду, а какие ко второму?
- 4. По видам энергетического потенциала ВЭР подразделяются на 3 группы. Какие? Дайте характеристику каждой из них.



- 5. Какие значения рассматриваются для количественной оценки ВЭР? Дайте определение каждому из них.
- 6. Перечислите основные направления использования ВЭР потребителями.
- 7. Источники и пути использования ВЭР в черной промышленности.



- 8. Источники и пути использования ВЭР в цветной металлургии.
- 9. Укажите два варианта решения вопроса сжигания шин.
- 10. Каковы общие принципы «Русского реактора»?
- 11. Какие материалы получают в результате вторичного использования стекла?



Найдите ошибку:

1. При использовании ВЭР II рода следует стремиться устранить или снизить их выход, и только тогда, когда все подобные меры приняты использовать.

***ВЭР I рода***

2. Методом утилизации изношенных шин является использование их в качестве ограждение клумб и детских площадок.

***топлива***