



Установка ORC-модуля

## ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЯ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ И БИОМАССОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕНКИНА

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: органический цикл Ренкина (ORC), когенерация, теплоснабжение, электрогенерация, биотопливо

Рольф Шляйхер, главный инженер Maxxtec (под ред. гл. инженера ООО «СФТ» Дмитрия Кожевникова)

Сегодня многие промышленные предприятия сталкиваются с одной и той же задачей: рост стоимости электроэнергии при одновременной постоянной потребности в тепловой энергии. Деревообрабатывающие заводы, пеллетные производства, лесопильные предприятия и другие отрасли, связанные с переработкой биомассы, часто имеют значительный спрос на тепло для процессов сушки, горячего прессования, подготовки горячей воды или работы термомасляных систем. В то же время такие предприятия, как правило, располагают биомассовыми отходами – корой, опилками, древесной щепой и некондиционной древесиной, – которые могут использоваться как доступный и недорогой источник энергии.

Такое сочетание факторов создает идеальные условия для децентрализованных когенерационных установок, где одновременно производится тепло и электроэнергия. Одним из наиболее эффективных и технически оптимальных решений для когенерационных установок малой и средней мощности является технология органического цикла Ренкина (ORC).

## Что такое технология ORC?

Органический цикл Ренкина (ORC) представляет собой термодинамический процесс, аналогичный традиционному паровому циклу Ренкина. Однако вместо воды и пара в ORC используется органическое рабочее тело. Данная рабочая среда имеет более низкую температуру кипения, благодаря чему возможно получение пара и работа турбины при значительно более низких температурах по сравнению с традиционными паротурбинными установками.

Система ORC, как правило, выполняется в виде замкнутого цикла: органическое рабочее тело испаряется, расширяется в турбине с выработкой механической энергии, затем конденсируется и при помощи насоса возвращается в испаритель. Цикл повторяется непрерывно и может работать в полностью автоматическом режиме.

Поскольку ORC-системы способны эффективно использовать источники тепла средней температуры, данная технология особенно подходит для децентрализованной<sup>1</sup> выработки электроэнергии при сжигании биомассы или при утилизации промышленного отходящего тепла.

## Почему ORC является оптимальной технологией для деревообрабатывающей и биомассовой промышленности

Деревообрабатывающая промышленность имеет существенное преимущество по сравнению со многими другими отраслями: потребность в тепловой энергии зачастую является стабильной и непрерывной в течение всего года. Процессы сушки, термомаляные системы, генераторы горячего воздуха и линии производства пеллет требуют значительных объемов тепла. Кроме того, многие предприятия располагают недорогим биотопливом, которое часто доступно непосредственно на месте производства.

В таких условиях когенерация становится особенно привлекательным решением. Грамотно спроектированная когенерационная установка на базе ORC может вырабатывать электроэнергию и одновременно обеспечивать полезное тепло для технологических процессов. Это существенно повышает общую энергоэффективность предприятия и снижает зависимость от внешнего электроснабжения.

## Проверенные технологии сжигания как основа применимости когенерационного оборудования

Надежная когенерация начинается с надежной технологии сжигания топлива. Более 30 лет компания Maxxtec поставляет системы сжигания для широкого спектра твердых видов топлива, включая уголь, биомассу, древесные отходы и другие промышленные виды топлива.

В зависимости от типа топлива и его характеристик Maxxtec предлагает различные концепции топочных устройств. Для сложных и нестандартных видов топлива применяется



*PT Maxxtec Teknologi Indonesia – технологическая компания, специализирующаяся на комплексных решениях в области энергоэффективности: эффективной выработке и передаче тепла, рекуперации тепловой энергии, а также генерации электроэнергии.*

*История бренда берет начало в 1994 году, когда компания была основана в Гейдельберге (Германия). Всего за несколько лет компания стала одним из мировых лидеров в разработке и внедрении инновационных инженерных решений в сфере энергосберегающих технологий.*

*В 2014 году компания осуществила стратегический переезд в Индонезию и была реорганизована под новым названием – PT Maxxtec Teknologi Indonesia. Ключевым стимулом для трансформации стало получение крупного государственного заказа, который открыл доступ к перспективному рынку Юго-Восточной Азии.*

*Примечательно, что в России присутствие Maxxtec насчитывает уже более четверти века: оборудование компании успешно поставляется и эксплуатируется с 1998 года. Этот факт подчеркивает устойчивость технологических решений Maxxtec и их способность выдерживать испытание временем и разнообразными эксплуатационными условиями.*

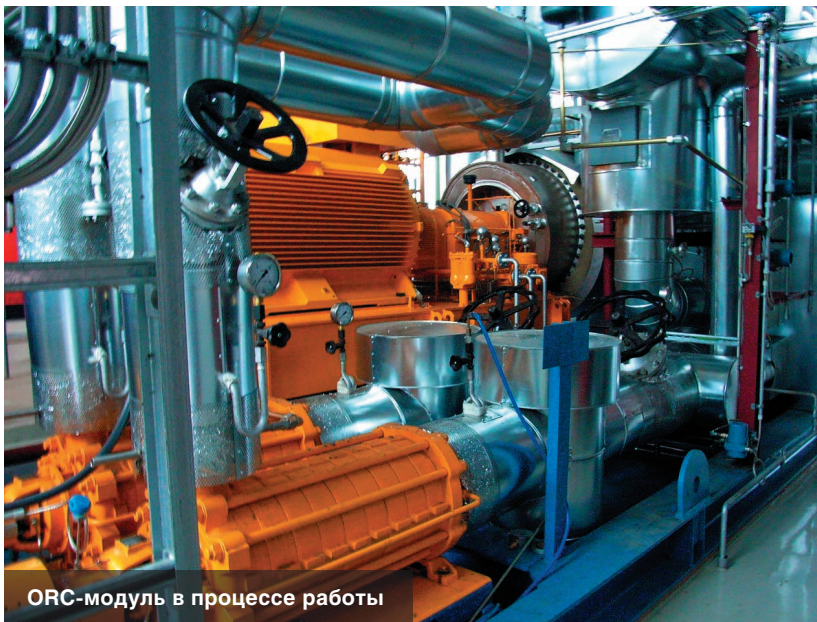
*С 2023 года официальным представителем Maxxtec в России и СНГ является компания ООО «Современные Фанерные Технологии» (СФТ).*

воздушно-охлаждаемая наклонная колосниковая решетка возвратно-поступательного типа, обеспечивающая стабильное качество сжигания, хорошие показатели по выбросам и надежную эксплуатацию. Для стандартных видов топлива, таких как уголь и древесная щепа, Maxxtec предлагает современные модульные воздушно-охлаждаемые топки с плоской решеткой, разработанные для устойчивой эффективности сжигания и экономичной эксплуатации.

## ORC по сравнению с паровой турбиной: ключевые преимущества для когенерационных установок малой и средней мощности

Традиционные паротурбинные электростанции хорошо известны и доказали свою эффективность в установках большой мощности. Однако при малых и средних мощностях, особенно в диапазоне ниже примерно 10 МВт электрической

<sup>1</sup> Децентрализованная выработка электроэнергии – это модель производства электрической энергии, при которой источники генерации размещаются непосредственно вблизи потребителей (или на их территории).



ORC-модуль в процессе работы

мощности, паровые системы становятся технически более сложными и затратными. В таких условиях технология ORC обладает рядом существенных преимуществ.

### Экономическая эффективность

ORC-системы отличаются высокой эффективностью и особенно привлекательны с экономической точки зрения для установок малой мощности, в частности при утилизации тепла низкого и среднего температурного уровня в режиме комбинированной выработки электроэнергии и тепла (ТЭЦ).

По сравнению с паротурбинными установками ORC-системы требуют меньшего количества обслуживающего персонала, поскольку они рассчитаны на автоматический запуск, останов и регулирование нагрузки.

Кроме того, сроки монтажа и капитальные затраты, как правило, ниже. ORC-модули обычно поставляются в виде стандартизированных интегрированных блоков, предварительно собранных на единой раме, что значительно упрощает установку и ввод в эксплуатацию.

### Технологические преимущества

Одним из ключевых технологических отличий является то, что ORC-установки не требуют системы водоподготовки. Паровые системы зависят от высокого качества питательной воды и требуют постоянного контроля, дозирования химических реагентов и применения оборудования для подготовки воды. Это увеличивает сложность установки, эксплуатационные затраты и потребность в техническом обслуживании.

ORC-системы используют органическое рабочее тело в замкнутом контуре. Органическая рабочая среда имеет низкую температуру кипения и подбирается в соответствии с требуемым температурным уровнем. Благодаря этому становится возможной выработка электроэнергии даже при сравнительно низких температурах источника тепла, где применение

паровых турбин обычно экономически нецелесообразно.

Кроме того, ORC-системы не требуют перегревателя пара. В паровых электростанциях перегреватель является одним из наиболее критичных и чувствительных узлов, особенно при сжигании биомассы, где существуют значительные риски загрязнения поверхностей нагрева и коррозии. Отсутствие данного элемента снижает эксплуатационные риски и повышает надежность и доступность ORC-установок.

### Эффективность при частичной нагрузке и эксплуатационная гибкость

Многие промышленные предприятия не работают постоянно на максимальной мощности. Сезонные изменения объемов производства, остановки на техническое

обслуживание и колебания потребности в тепле могут существенно влиять на режим нагрузки. Технология ORC обеспечивает высокую эффективность при работе на частичных нагрузках и способна автоматически функционировать при очень низких уровнях мощности – как правило, до примерно 15 % от номинальной нагрузки.

Это означает, что ORC-установки могут сохранять стабильную и эффективную работу даже при колебаниях теплового потока. Возможность автоматического запуска и остановки, а также регулирования мощности делает ORC-технологию особенно подходящей для децентрализованных промышленных применений.

### Типовой процесс когенерации на базе ORC при сжигании биотоплива

Типовая система комбинированной выработки электроэнергии и тепла на базе ORC состоит из трех основных этапов.

#### Этап 1. Сжигание топлива или использование отходящего тепла

В установках, работающих на биомассе, твердое топливо, такое как древесная щепа, кора, опилки или сельскохозяйственные остатки, подается в камеру сгорания и сжигается в контролируемых условиях. В качестве альтернативы основным источником энергии может выступать промышленное отходящее тепло, например дымовые газы промышленных печей или тепловая энергия выхлопных газов существующих генераторных установок.

#### Этап 2. Передача тепла через термомасляную систему

Горячие дымовые газы, образующиеся в процессе сжигания топлива, могут достигать температур свыше 1 000 °С. Эти газы направляются в нагревательную систему (термомасляный котел).

Внутри нагревателя размещены змеевики труб, по которым циркулирует термомасло. Под воздействием горячих дымовых газов термомасло нагревается до температур выше 300 °С. Термомасло служит эффективным теплоносителем и передает тепловую энергию от системы сжигания в ORC-модуль.

Термомасляные системы обеспечивают высокую стабильность процесса и позволяют передавать тепло на значительные расстояния с минимальными потерями. Кроме того, они защищают ORC-модуль от прямого контакта с дымовыми газами, что особенно важно при использовании топлива с высоким содержанием золы или загрязняющих примесей.

### Этап 3. Выработка электроэнергии по ORC

В ORC-модуле термомасло передает свое тепло органическому рабочему телу, находящемуся в отдельном замкнутом контуре. ORC-среда нагревается до состояния испарения и превращается в пар высокого давления.

Далее этот пар расширяется в турбине, которая через вращающийся вал приводит в действие электрогенератор. Генератор вырабатывает электрическую энергию.

После прохождения через турбину пар конденсируется и снова переходит в жидкое состояние. Насос возвращает рабочую среду в испаритель, после чего цикл ORC повторяется.

В процессе конденсации образуется остаточное тепло, которое не теряется, а направляется потребителям тепловой энергии. Это могут быть сушильные установки для древесины, пеллетные производства, системы централизованного теплоснабжения, системы подготовки горячей воды, абсорбционные холодильные машины или другие промышленные процессы.

## Доступность оборудования и эффективность при длительных циклах эксплуатации

При сжигании биомассы качество работы установки в значительной степени зависит от стабильности процесса горения и чистоты поверхностей теплообмена. Загрязнение и отложения золы способны снижать эффективность и ограничивать продолжительность непрерывной работы оборудования.

Поэтому энергетические установки Maxhtec проектируются с особым акцентом на высокую эксплуатационную готовность и стабильную эффективность в долгосрочной перспективе. Для сложных типов топлива Maxhtec предлагает автоматизированные системы очистки поверхностей нагрева, которые обеспечивают стабильные теплотехнические характеристики на протяжении всего рабочего цикла и уменьшают необходимость ручной очистки.

## Варианты внедрения ORC-технологии на промышленных предприятиях

Одним из наиболее важных преимуществ ORC-технологии является ее высокая гибкость. ORC-системы могут адаптироваться к различным источникам тепла и различным требованиям промышленного производства. Ниже приведены основные варианты реализации, наиболее актуальные для деревообрабатывающих предприятий и промышленных потребителей.

### Вариант 1. Сжигание биомассы + термомасляный котел + ORC-когенерация (СНР)

Это наиболее распространенная конфигурация для лесопильных предприятий, пеллетных заводов и деревообрабатывающей промышленности.



Погрузка ORC-модуля



Турбина ORC-модуля

Биомассовые отходы сжигаются в современной топочной системе. Образующиеся горячие дымовые газы нагревают термомасло в термомасляном котле. Далее термомасло подает тепло в ORC-модуль для выработки электроэнергии и одновременно обеспечивает тепловую энергию для технологических процессов, таких как сушка древесины или производство пеллет.

Данная концепция позволяет достигать высокой общей энергоэффективности, поскольку используется как электроэнергия, так и технологическое тепло.

#### **Вариант 2. Утилизация отходящего тепла промышленных печей**

Многие промышленные процессы выделяют значительные объемы неиспользуемого отходящего тепла. Примерами являются цементная, керамическая, стекольная, металлургическая и химическая промышленность.

Для передачи тепла в ORC-систему в качестве промежуточного теплоносителя используется термомаслянный контур. Такая концепция позволяет вырабатывать электроэнергию из энергии, которая в противном случае была бы потеряна и выброшена в атмосферу.

#### **Вариант 3. Интеграция ORC с существующими генераторными установками**

Многие предприятия уже используют газовые или дизельные генераторные установки для выработки электроэнергии. При работе таких двигателей образуются выхлопные газы высокой температуры, тепловая энергия которых обычно не используется.

Технология ORC позволяет утилизировать это тепло с помощью термомасляного теплообменника-утилизатора и преобразовывать часть тепловой энергии в дополнительную

электроэнергию. Это повышает общий КПД генераторной системы и снижает расход топлива на каждый произведенный киловатт-час.

#### **Вариант 4. ORC + теплоснабжение для сушки и пеллетирования (концепция высокоэффективного энергетического комплекса)**

Пеллетные заводы и сушильные процессы требуют большого и стабильного теплового потока. ORC-системы могут быть интегрированы в комплексные решения, где сжигание биомассы обеспечивает энергией следующих потребителей:

- выработка электроэнергии с помощью ORC;
- ленточные или барабанные сушилки;
- пеллетные прессы и оборудование транспортировки материала;
- технологическое тепло и системы горячего водоснабжения.

Такие системы способны обеспечивать исключительно высокую суммарную энергоэффективность и формируют убедительное экономическое обоснование, особенно в регионах с высокой стоимостью электроэнергии и доступным недорогим биотопливом.

### **Опыт и реализованные проекты как ключевые факторы успешных ORC-решений**

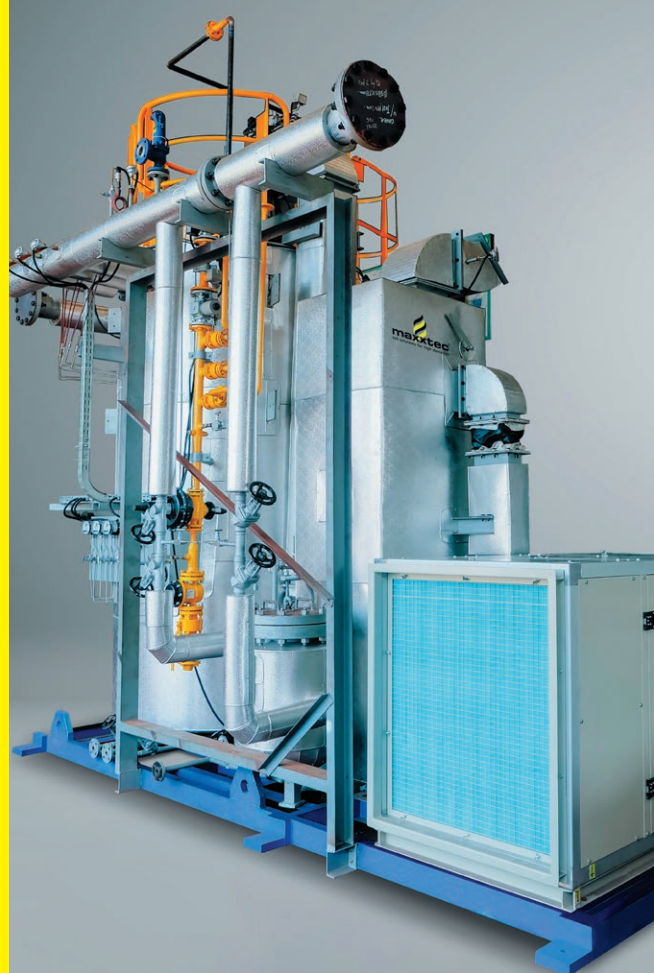
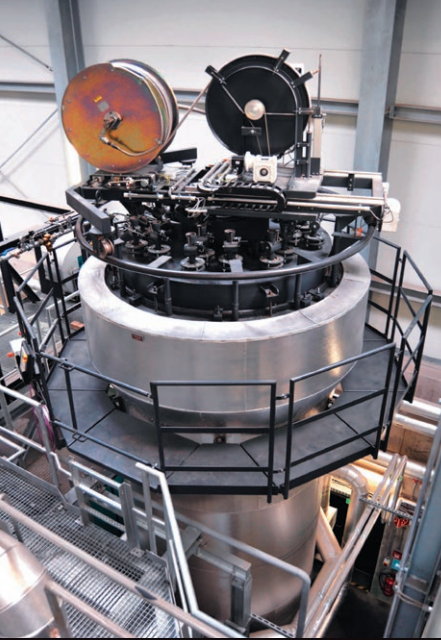
В когенерационных проектах сама по себе технология является лишь частью успеха. Инженерная компетенция, опыт интеграции оборудования в существующую инфраструктуру предприятия, а также подтвержденные эксплуатационные примеры имеют решающее значение для обеспечения надежной работы и стабильных экономических показателей.

Компания Maxhtec реализовала ORC-электростанции в различных странах мира для разных видов топлива и областей применения. Накопленный опыт позволяет Maxhtec предлагать интегрированные концепции энергетических установок, адаптированные под индивидуальные условия заказчика, обеспечивая соответствие решения техническим требованиям и ожиданиям по долгосрочной эффективности.

### **ORC как наиболее практичное решение для децентрализованных энергетических установок**

Технология органического цикла Ренкина является проверенным и высокоэффективным решением для децентрализованной выработки электроэнергии и когенерации. По сравнению с паротурбинными установками ORC-системы отличаются меньшей технологической сложностью, более простыми требованиями к эксплуатации и более высокой экономической целесообразностью для установок малой и средней мощности.

Для деревообрабатывающих предприятий, биомассовых производств и промышленных объектов с источниками отходящего тепла ORC-технология предоставляет отличную возможность снизить энергетические затраты, повысить общую энергоэффективность и организовать локальную выработку электроэнергии при надежной и полностью автоматизированной эксплуатации. ♦



**maxxtec**<sup>®</sup>  
hot solutions for high demands

## Ассортимент продукции Maxxtec включает:

- **Промышленные отопительные установки** на различных видах топлива и теплоносителей (термальное масло, горячая вода, пар)
- **Системы рекуперации тепла** (включая ORC технологии)
- **Нагреватели** термомасляные и электрические
- **Охлаждающие и холодильные установки** с органическими теплоносителями
- **Теплообменное оборудование** для жидкостей и газов
- **Установки подготовки газа**
- **Охладители** газовые и воздушные
- **Факельные установки** для биогаза
- **Системы контроля** и регулирования температуры
- **Комплексные решения** по автоматизации технологических процессов

Реклама

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ В РОССИИ И СНГ**  
ООО «Современные Фанерные Технологии»  
199106, Россия, Санкт-Петербург, Средний Пр. ВО, 88, оф. 421  
Тел.: +7 (921) 996-06-11, +7 (812) 324-18-24  
E-mail: maxxtec@sftspb.com