

УДК 621.165

Н.К. БЛАЖЕНКО, начальник бюро ЗАО «УТЗ», Екатеринбург, Россия;
С.Ю. ЕВДОКИМОВ, начальник отдела ЗАО «УТЗ», Екатеринбург, Россия;
А.А. ЯМАЛТДИНОВ, инженер ЗАО «УТЗ», Екатеринбург, Россия

РЕМОНТ РОТОРОВ ПАРОВЫХ ТУРБИН В УСЛОВИЯХ ЗАО «УРАЛЬСКИЙ ТУРБИНЫЙ ЗАВОД»

Проанализированы основные дефекты, возникающие в роторах. Приведена последовательность основных ремонтных операций. Даны примеры реконструкций роторов основных турбин ЗАО «УТЗ».

Ключевые слова: ротор, реконструкция, дефекты, ремонт.

Бесперебойная и экономичная эксплуатация всего оборудования электростанции и теплофикационных турбин в частности, является важнейшей задачей современной энергетики, так как отказ турбины из-за аварии автоматически означает невыполнение планов по выработке электроэнергии и тепла, а также серьезное ухудшение экономических показателей всей электростанции.

Исключение из работы части оборудования электростанции неизбежно приводит к удорожанию производства энергии из-за уменьшения коэффициента использования оборудования, так как при тех же капиталовложениях энергии вырабатывается меньше.

Конечно, в некоторых случаях электростанция удастся покрыть дефицит электроэнергии, однако, это может быть только при использовании ее менее экономичного оборудования, т.е. за счет перерасхода топлива на самой электростанции.

Не менее серьезные последствия могут иметь длительные перерывы в теплоснабжении жилых домов и предприятий.

Ключевым элементом паровой турбины является валопровод. Валопровод представляет собой совокупность соединенных между собой роторов последовательно расположенных цилиндров. Высокая частота вращения, значительные усилия от центробежных сил, длительное воздействие высоких температур и быстрое их изменение, а также коррозионно-эрозионное разрушение металла делают ротора самым ответственным и сложным узлом паровой турбины, и вопрос их регулярного технического обслуживания и ремонта стоит особенно остро.

ЗАО «Уральский турбинный завод» (далее ЗАО «УТЗ») на протяжении последних 20 лет занимается комплексным ремонтом роторов собственного производства. За этот период заводом отремонтировано более 50 роторов мощных теплофикационных турбин.

В процессе ревизии и ремонта роторов обнаруживаются дефекты, требующие устранения. Наиболее часто встречаются следующие неисправности [1–7]:

- механический износ бандажей, гребней концевых и диафрагменных уплотнений в результате радиальных задеваний ротора о детали статора;
- аксиальные задевания ротора о статор;
- увеличенный статический прогиб ротора;
- повреждение рабочих лопаток в результате попадания постороннего металла в проточную часть турбины;
- усталостные поломки рабочих лопаток;
- абразивный износ бандажей, шипов рабочих лопаток, входных и выходных

© Н.К. Блаженко, С.Ю. Евдокимов, А.А. Ямалтдинов, 2013

кромки рабочих лопаток первых ступеней роторов высокого и среднего давления с промперегревом;

- эрозионный износ рабочих лопаток, работающих в зоне влажного пара;
- абразивный, эрозионный износ, «коррозионное растрескивание под напряжением» и «коррозионное усталостное растрескивание» в разгрузочных отверстиях роторов;
- механический износ, «коррозионное растрескивание под напряжением» и «коррозионное усталостное растрескивание» ступиц дисков;
- «коррозионные и коррозионно-усталостные повреждения лопаток, дисков и бандажей», работающих в зоне фазового перехода;
- стояночная коррозия;
- повреждения шеек роторов;
- трещины в разгрузочных отверстиях дисков;
- термоусталостные повреждения придисковых галтелей и тепловых канавок роторов;
- трещины в шпоночных пазах дисков, работающих в зоне фазового перехода;
- трещины в канавках под упорные кольца насадных деталей ротора.

Ремонт роторов крупных теплофикационных турбин является трудоемким процессом, требующим тесного взаимодействия ряда структурных подразделений и должен осуществляться системно. Для этого ЗАО «УТЗ» соблюдает следующую последовательность ремонтных операций после отгрузки ротора на завод:

1 Создание ремонтной комиссии. Ремонтная комиссия включает в себя ведущих специалистов конструкторского и технологического отделов, представителей цеха и отдела технического контроля. Созданная комиссия представляет собой центр компетенций, курирующий конкретный ремонт.

2 Визуальный осмотр, по результатам которого составляется первичный акт дефектации ротора, в котором описывается текущее состояние ротора и порядок проведения ремонтных работ.

3 Очистка ротора.

4 Замеры биений ротора.

5 Разборка ротора.

6 Контроль и ревизия всех насадных деталей ротора и вала.

7 Замена деталей, не подлежащих восстановлению.

8 Сборка ротора.

9 Составление паспорта сборки.

10 Высокочастотная балансировка ротора, включая разгонные испытания.

11 Покраска и упаковка ротора.

12 Формирование паспорта ремонта.

13 Отгрузка ротора.

На протяжении всего ремонта составляются дополнения к первичному акту дефектации с внесением пояснений и нововведений, а также протоколы контроля.

Средняя продолжительность ремонта, проводимого в условиях ЗАО «УТЗ» составляет 60 дней. Как правило, станции предпочитают осуществлять ремонт в летний период, в отсутствие потребности в отопительной нагрузке потребителей, так как именно летом существует возможность разгрузить теплофикационные турбины.

Помимо выполнения традиционных ремонтных операций, ЗАО «УТЗ» осуществляет модернизацию и реконструкцию ремонтируемых роторов, путем внедрения современных решений в их конструкцию. Разработка данных решений

осуществляется исходя из анализа опытных данных по эксплуатации турбин, их поломок и последних разработок завода. Объем данных работ предварительно оговаривается с Заказчиком.

Ниже приведены примеры основных решений, внедряемых при ремонтах различных серий теплофикационных турбин.

• Серия турбин **T-50-130**:

Ротор высокого давления: установка осередиальных надбандажных уплотнений, в место радиальных. Данное мероприятие позволяет повысить внутренний относительный КПД проточной части на 1,5 %, (рис. 1).

Ротор низкого давления: замена радиальных надбандажных уплотнений осередиальными на 10–14 ступенях для повышения экономичности, за счет уменьшения протечек.

Замена дисков 17–25 ступеней на диски новой конструкции, имеющие торцевые шпонки, расположенные в области сравнительно небольших напряжений. Указанное мероприятие позволяет значительно увеличить ресурс работы дисков и повысить надежность ступеней в зоне фазового перехода против коррозионно-усталостного растрескивания (рис. 2).

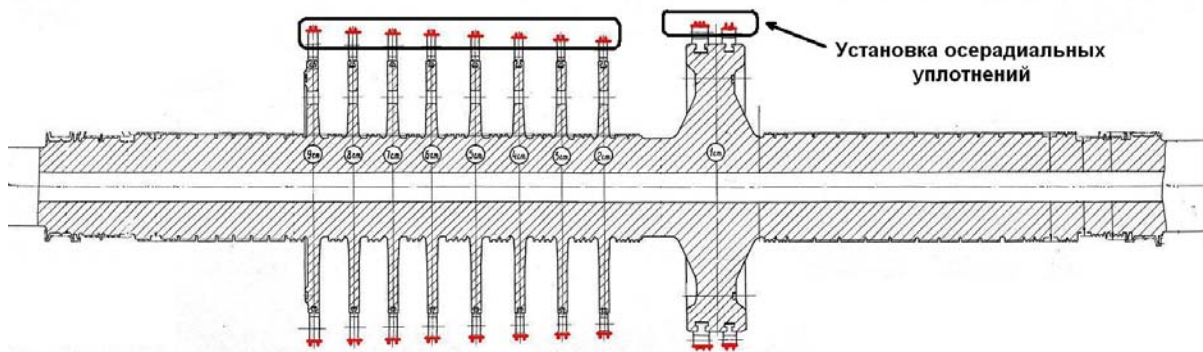


Рис. 1 – Ротор высокого давления T-50/60-130

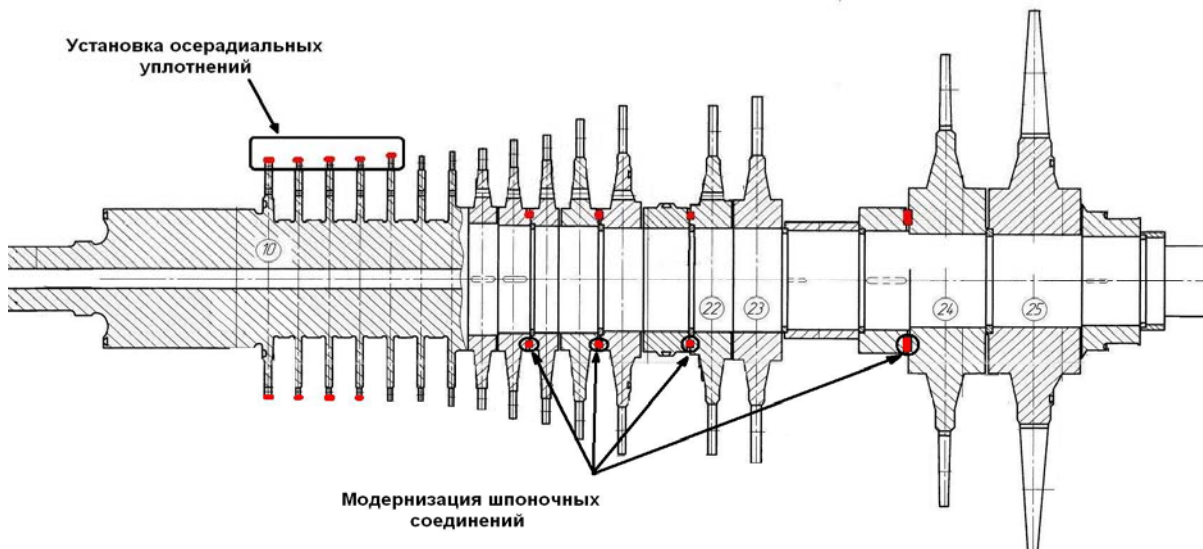


Рис. 2 – Ротор низкого давления T-50/60-130

• Серия турбин **T-100-130**:

Ротор высокого давления: на место радиальных надбандажных уплотнений устанавливаются осередиальные уплотнения. Данное мероприятие позволяет повысить

внутренний относительный КПД проточной части на 1,5 %. Также возможен вариант установки сотовых надбандажных уплотнений.

Восстановление изношенных гребней переднего уплотнения путем переточки вала и укомплектованием специальными уплотнительными кольцами.

В ряде случаев проводится термостабилизация ротора с проточкой для вывода прогиба вала.

Ротор среднего давления: замена радиальных надбандажных уплотнений осерадиальными, либо сотовыми на 10–14 ступенях для повышения экономичности.

Замена дисков 18–23 ступеней на диски новой конструкции, имеющие торцевые шпонки, расположенные в области сравнительно небольших напряжений (рис. 3).

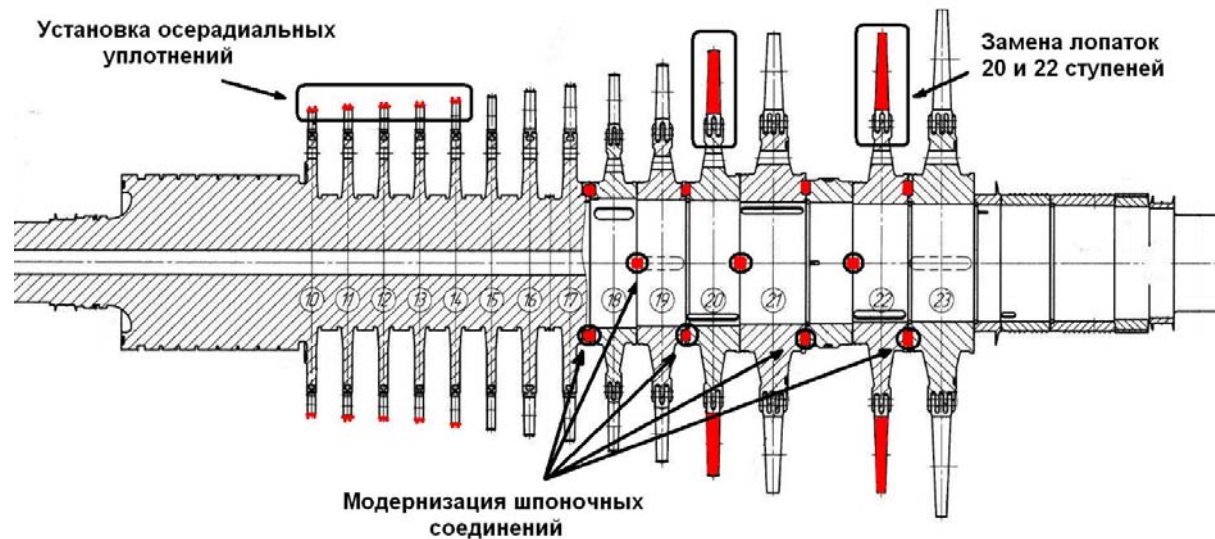


Рис. 3 – Ротор среднего давления турбин серии Т-100/120-130

Ротор низкого давления: с целью улучшения напряженного состояния ротора, на дисках в обоих потоках выполняются дополнительные торцевые шпоночные пазы для передачи мощности с последнего диска на предпоследний (вместо передачи на уплотнительную втулку). Так же данное мероприятие улучшает качество сборки ротора.

Углубление канавок под упорные кольца и увеличение радиусов в углах канавок для снятия накопленной поврежденности. В случае проведения данного мероприятия – необходимо заменить все старые упорные кольца новыми.

Снятие накопленной поврежденности на дисках 24–27 ступеней (рис. 4).

• Серия турбин ПТ-135/165-130:

Ротор высокого давления: установка осерадиальных надбандажных уплотнений повышающих относительный внутренний КПД проточной части высокого давления на 2,5 % по отношению к радиальным уплотнениям, либо сотовых надбандажных уплотнений, повышающих относительный внутренний КПД проточной части высокого давления на 1,5 % по отношению к осерадиальным уплотнениям.

Изменение конструкции среднего уплотнения, путем переноса уплотнительных усиков с ротора на статор (рис. 5).

Ротор низкого давления: переход с трехступенчатой проточной части в одном потоке НД на двухступенчатую с высотой последней лопатки 660 мм. При проведении данной реконструкции ЗАО «УТЗ» руководствуется второй редакцией технического указания № 75 [8]. Проведение данной реконструкции позволяет (рис. 6): повысить

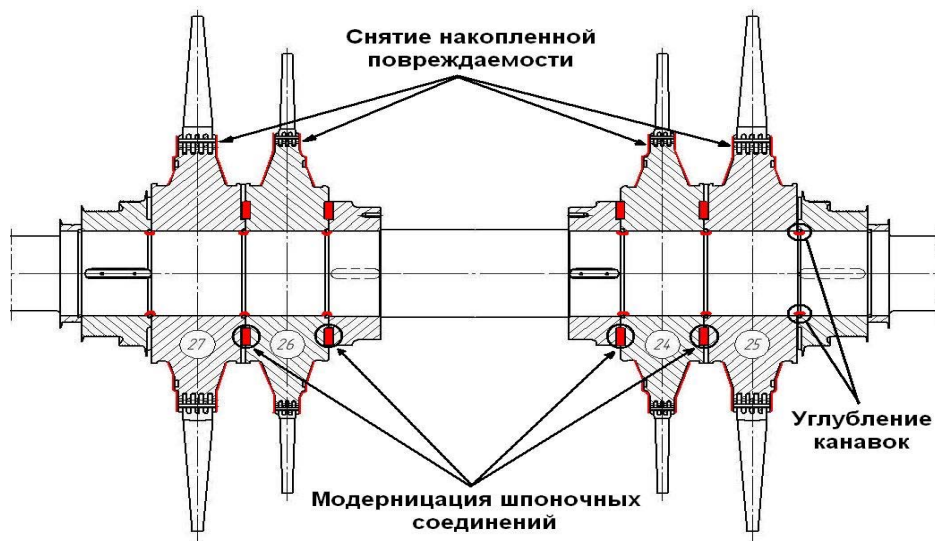


Рис. 4 – Ротор низкого давления турбины Т-100/120-130

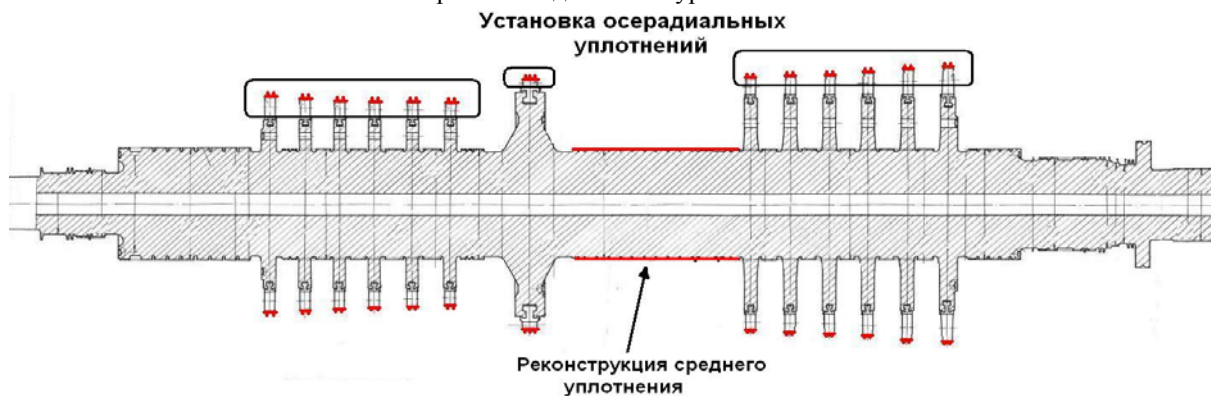


Рис. 5 – Ротор высокого давления ПТ-135/165-130

надежность ротора НД; сохранить КПД последней ступени на большей части режимов, а на некоторых – увеличить; максимально увеличить мощность турбины при работе по тепловому графику в результате снижения потерь на трение и вентиляцию; максимально увеличить тепловую нагрузку при работе по тепловому графику; повысить маневренность турбины.

Это связано с тем, что последняя ступень с лопаткой высотой 830 мм на режимах с малыми пропусками пара в конденсатор работает с низким КПД или с потреблением мощности. На теплофикационных режимах имеются значительные потери на трение, вентиляцию и потери тепла с охлаждающей водой. При этом при изготовлении рабочих лопаток высотой 660 мм могут быть использованы рабочие лопатки высотой 830 мм, путем обрезки последних. Обрезка рабочих лопаток длиной 830 мм возможна, только в случае их удовлетворительного состояния.

Замена цельнокованых дисков 18 и 19 ступеней на насадные для повышения надежности (при этом требуется дополнительная обработка эксплуатируемых диафрагм 18, 19 ступеней и изготовление новых уплотнительных колец).

Установка рабочих колес 20, 21 и 22 ступеней с рабочими лопатками, имеющими вильчатые хвостовики вместо Т-образных. В случае выполнения данной работы требуется дополнительная обработка эксплуатируемых диафрагм 20, 21 и 22 ступеней. Доработка диафрагм 18–22 ступеней может производиться силами Заказчика в условиях ТЭЦ.

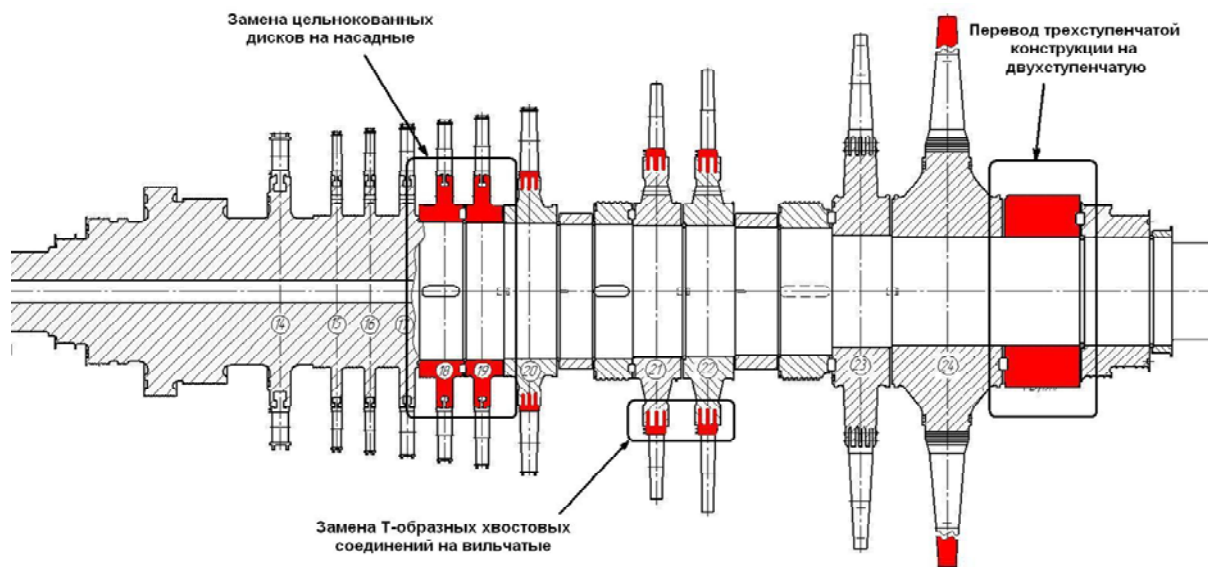


Рис. 6 – Ротор низкого давления ПТ-135/165-130 после реконструкции

Реконструкции роторов низкого давления турбин серии Т-175 аналогичны описанной выше реконструкции.

Так, например в 2012 году ЗАО «УТЗ» для Тобольской ТЭЦ, во время проведения ремонта, был изготовлен новый вал НД усовершенствованной конструкции с двумя ступенями в каждом потоке, исключая возможность возникновения трещин за 24, 26 ступенями.

Список литературы: 1. *Родин, В.Н.* Ремонт паровых турбин [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.Н. Родин, А.Г. Шарапов, Б.Е. Мурманский, Ю.М. Гофман, Ю.А. Сахнин, В.В. Лебедев, М.А. Кадников, Л.А. Жученко; под. общ. ред. Ю.М. Бродова и В.Н. Родина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2005. – 438 с. 2. *Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС* [Текст] / под ред. А.И. Андрущенко. – М.: Высшая школа, 1991. – 303 с. 3. *Инденбаум, В.С.* Ревизия и ремонт паровых турбин коммунальных электростанций [Текст] / В.С. Инденбаум, М.А. Случаев. – М.: М-во коммунал. хоз. РСФСР, 1954. – 211 с. 4. *Сверчков, А.Н.* Ремонт и наладка паровых турбин [Текст] / А.Н. Сверчков. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1954. 5. *Новиков, Б.Б.* Ремонт корпусов паровых турбин [Текст] / Б.Б. Новиков, Е.В. Леонтьев, В.И. Дроздов. – М.: Энергия, 1977. – 72 с. 6. *Бодашков, Н.К.* Аварии паровых турбин и борьба с ними [Текст] / Н.К. Бодашков. – М.: Госэнергоиздат, 1948. 7. *Швецов, П.Д.* Предупреждений аварий паровых турбин [Текст] / П.Д. Швецов. – М.: ГНТИ Машиностроительной литературы, 1953. – 237 с. 8. ТМТ-116632-1. Техническое указание № 75 [Текст]. – 2 ред., перераб. и доп. – Екатеринбург: ЗАО «УТЗ», 2004 – 3 с.

/Поступила в редколлегию 25.01.13

УДК 621.165

Ремонт роторов паровых турбин в условиях ЗАО «Уральский турбинный завод» [Текст] / **Н.К. Блаженко, С.Ю. Евдокимов, А.А. Ямалтдинов** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 12(986). – С. 114-119. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2078-774X.

Проаналізовано основні дефекти, що виникають у роторах. Наведено послідовність основних ремонтних операцій. Дано приклади реконструкцій роторів основних турбін ЗАТ «УТЗ».

Ключові слова: ротор, реконструкція, дефекти, ремонт.

The main defects arising in rotors were analyzed. There is the sequence of basic repair operations. The examples of rotor's reconstructions of main turbines CJSC «UTW» are given.

Keywords: rotor, reconstruction, defects and repairs.