



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

Инженерно-педагогически факултет – Сливен

Катедра „Механика, машиностроене и топлотехника“

маг. инж. Станчо Костов Едрев

**„Изследване на надеждността при автоматизираното
производство и ремонт на товарни вагони“**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен

„ДОКТОР“

Област: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.1 Машинно инженерство

Докторска програма: „Автоматизация на производството“

Научни ръководители: проф. д.т.н., д.ик.н. инж. Николай Иванов Петров

доц. д-р инж. Михаела Димитрова Топалова

гр. Сливен, 2020 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от катедрен съвет на катедра “Механика, машиностроене и топлотехника” при ТУ – София, ИПФ – Сливен, състоял се на 17.07.2020 год.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 20.11.2020 г. от 14,00 часа в зала на 1207, ИПФ - Сливен на открито заседание на научното жури, определено със заповед № ОЖ-5.1-52 / 03.08.2020 г. на Ректора на ТУ-София в състав:

1. Проф. д.т.н. инж. Николай Димитров Минчев – председател
2. Проф. д.т.н., д.ик.н. инж. Николай Иванов Петров – научен секретар
3. Проф. д-р инж. Петър Стефанов Костов
4. Проф. д-р инж. Светослав Кънчев Симеонов
5. Проф. д-р инж. Радостин Симеонов Долчинков

Рецензенти:

1. Проф. д.т.н. инж. Николай Димитров Минчев
2. Проф. д-р инж. Петър Стефанов Костов

Материалите по защитата са на разположение в катедра „Механика, машиностроене и топлотехника“ в ИПФ – Сливен.

Дисертантът е задочен докторант към катедра “Механика, машиностроене и топлотехника” при ТУ – София, ИПФ – Сливен. Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора.

Автор: маг. инж. Станчо Костов Едрев

Заглавие: Изследване на надеждността при автоматизираното производство и ремонт на товарни вагони

Тираж: 30 броя

Отпечатано в ИПК на Технически университет - София

1. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1.1. АКТУАЛНОСТ НА ТЕМАТА

Автоматизираното производство се характеризира с висока производителност и качество на продукцията. Последното свойство е особено важно за товарните вагони, за които безопасността на превозите е от първостепенно значение. За най-отговорните елементи на товарния вагон – рамата на талигата, рамата на вагона и колоосите, отказите по време на експлоатация водят до тежки последици. Безотказната им работа в много голяма степен се определя от автоматизираното им производство.

Във всяка автоматизирана производствена система възникват откази. Една част от тях са свързани с функционирането ѝ, а друга – с качеството на продукцията. При изследвания на надеждността им се идентифицират отказите, разкрива се механизмът на тяхното протичане и се търсят мерки за тяхното ограничаване. Количествено надеждността се оценява чрез показателите вероятност за безотказна работа, коефициент на готовност и коефициент на техническо използване. Тяхното определяне може да стане чрез наблюдение на функционирането на автоматизираното производство.

Темата на дисертацията е актуална и с практична насоченост.

Настоящият дисертационен труд е изпълнен в периода 2016-2020 г., като научните изследвания са направени в завод „Трансвагон“ АД – Бургас.

Извършени са наблюдения в продължителен период и са събрани конкретни данни при работата на заваръчни работи „Motoman 6HP“ и „Fanuc“ в автоматизираното производство на товарни вагони.

1.2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Цел - Създаване и прилагане на методика за изследване на надеждността при автоматизираното производство на товарни вагони, както и на математичен модел за остойностяването ѝ през периода на експлоатацията им.

Задачи:

1. Създаване на методика за „активно“ изследване експлоатационната надеждност на автоматизирани производствени системи, както за отделни детайли, така и сглобени единици от конструкцията на товарните вагони.

2. Прилагане на методиката при производство на характерен и достатъчно сложен детайл, какъвто е рамата на талигата от методологична гледна точка.

2.1. Изясняване и анализ на конструкцията и технологичния процес при производството на рамата на талигата.

2.2. Запознаване с автоматизираната система за производство на рамата на талигата, идентификация на възникналите откази и тяхната класификация.

2.3. Определяне на надеждностни параметри на автоматизираната производствена система.

2.4. Предложения за повишаване на надеждността и производителността на автоматизираната производствена система.

3. Създаване на математически модел, остойностяващ разходите за поддържане на надеждността на товарните вагони чрез системата за средни и капитални ремонти.

Апробация

Основните моменти от дисертационния труд са представени в три международни научни конференции: Научна конференция с международно участие – Сливен 2017 г.; Научна конференция с международно участие – Сливен 2018 г.; Международна научна конференция INDUSTRY 4.0, 11-14.12.2019 г., „Боровец“ България; една в научно списание International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 9, Issue 6, June-2018.

Дисертацията съдържа 152 страници. Включва 6 глави, 48 формули, 75 фигури, 17 таблици, изводи и приноси. Цитирани са 97 литературни източници, от които 57 на кирилица и 30 на латиница и 10 web страници. Всяка глава завършва с изводи. В заключение са дефинирани основните приноси на дисертационния труд.

В автореферата всички означения, номерацията на фигурите, таблиците и формулите съответстват на тези от дисертационния труд.

2. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

2.1. ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

Представени са характерните особености в конструкцията и производството на товарни вагони. Разгледани са теоретичните основи на надеждността.

Констатации, обобщения и изводи от литературния обзор

1. Представена е класификация на товарни вагони, както и кратка характеристика на най-разпространените им видове – платформа, открит кош, закрит кош и цистерна.

2. Независимо от голямото им разнообразие, конструкцията на товарните вагони може да се сведе до следните компоненти: рама или кош (цистерна, бункер и др.), талига, теглично-отбивачно съоръжение и автоматизирана спирачна система.

3. Различните типове товарни вагони в производството на една фирма се изграждат с едни и същи талига и секция крайна, освен в случаите на специални изисквания на клиентите. В този смисъл те са в условие на серийно производство.

4. Конструкцията на главните греди на рамата на вагона са изградени от сравнително малък брой детайли, с големи дължини, дебелини, съответно тегло, свързани с прави и много дълги заваръчни шевове с лесен достъп.

5. Многото на брой детайли, разположени в сравнително малката дължина на отворения „П“ – профил на главна, напречна греда, създават необходимата якост, но и трудности при нейното изработване.

6. Систематизирани са основните операции, използвани при производството на товарни вагони, дадени са съществуващите връзки между тях, както и конкретни примери за тяхното приложение.

7. Основна технологична операция при производството на товарни вагони се явява заваряването, която винаги се изпълнява на два етапа – монтаж на детайлите и заваряване, които от своя страна може да се извършат по един от трите начина: глобално, последователно и по възлово окрупняване.

8. Изборът на метод на окрупняване определя различна последователност на операциите, различно спомагателно и основно оборудване и най-същественото – различни производителности. Това е особено важен етап при определяне на технологията на производство.

9. Представени и анализирани са надеждностните показатели, характеризиращи безотказността, дълготрайността и ремонтпригодността на технически обекти и автоматизирани производствени системи.

10. Показателите вероятност за безотказна работа и вероятност за възстановяване най-добре характеризират експлоатацията на технически обекти и автоматизирани производствени системи, което ги прави абсолютно необходими при анализ на надеждност. Графичната им интерпретация представя нагледно цялата информация, свързана с функционирането на системата.

11. Коефициентът на готовност е важен комплексен показател и неговото определяне в експлоатационни условия доказва в каква степен заложените при проектиране надеждностни показатели се потвърждават, както и да се направи оценка на ефективността на функциониране на АПС.

12. Поддържането на надеждността на товарни вагони се извършва чрез системата по наработка на основата на инструкции, разработени от БДЖ.

2.2. ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕКСПЛОАТАЦИОННАТА НАДЕЖДНОСТ ПРИ АВТОМАТИЗИРАНОТО ПРОИЗВОДСТВО НА ТОВАРНИ ВАГОНИ

Методиката има за цел изследване на широк спектър от обекти от автоматизираното производство на ТВ. Някои от тях, като втулки от спирачно-лостовата система, са съвсем прости по конструкция, но други, като рамата на талигата, са изключително сложни. Това предопределя и различна сложност на автоматизираните производствени системи.

Предложената методика е обобщаваща и се отнася за всякакви обекти от автоматизираното производство на ТВ. В нейната основа е заложено провеждане на „активно изследване“, т.е. да има възможност да се развият идеи за модернизация. С тази цел са включени първите четири етапа. Желателно е в изследователския колектив да бъдат включени специалисти по надеждност, конструиране и технология на машиностроенето. Най-добра ефективност от евентуален проект за модернизация и вероятност за реализация може да се получи, ако е на базата на ниско стойностната автоматизация.

Методиката включва следните етапи:

1. Запознаване с конструктивната документация и анализ.
2. Запознаване с технологичния процес и анализ.

- 3.Изучаване структурата на автоматизирана производствена система.
- 4.Запознаване с организацията на системите за експлоатация, за техническо обслужване и ремонт.
- 5.Идентификация на откази.
- 6.Класификация на откази.
- 7.Съставяне списък на изследваните надеждностни показатели.
- 8.Провеждане на статистическо наблюдение над работата на автоматизирана производствена система.
- 9.Пресмятане на надеждностните показатели.
- 10.Анализ и препоръки за повишаване на надеждността и производителността.
- 11.Предложение за модернизация.

Изводи от глава 2

1. Предложената методика е приложима за изследване надеждността на автоматизираното производство на товарни вагони.
2. Чрез методиката могат да се определят показателите: вероятност за безотказна работа, вероятност за възстановяване, коефициент на готовност и коефициент на техническо използване.

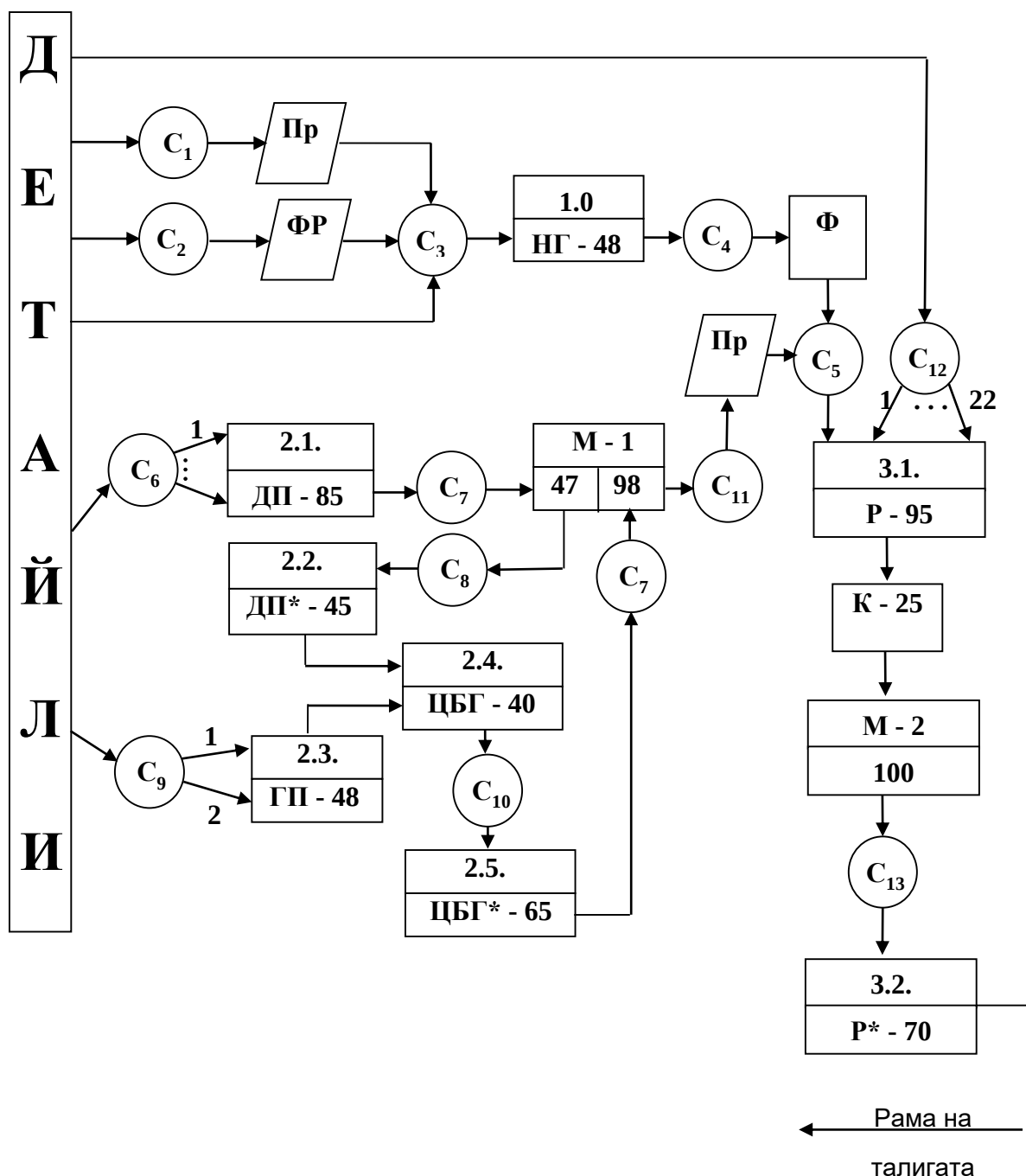
2.3. ГЛАВА 3. ИДЕНТИФИКАЦИЯ И КЛАСИФИКАЦИЯ НА ОТКАЗИТЕ ПРИ АВТОМАТИЗИРАНОТО ПРОИЗВОДСТВО НА РАМАТА НА ТАЛИГАТА

На фиг. 3.1 е показана конструкция на рама на талига тип Y25-L. Рамата е изцяло заварена конструкция и се състои от две надлъжни греди (1), свързани по средата от централноболтова греда (2), а в краищата с две напречни греди (3). По този начин се постига необходимата коравина – получава се затворена рамкова конструкция.



Фиг.3.1. Рама на талига тип Y25-L

Последователността на сглобяване на рамата на талигата на товарен вагон е дадена на фиг.3.9. При операция заваряване първо се сглобяват детайлите в специални приспособления, след което се извършва самото заваряване. Детайлите на надлъжната греда (НГ) се сглобяват в приспособление „1.0“ и се заваряват от робот „Фанук“ (Ф), като преди това над два от тях се извършват операции пробиване (ПР) и фрезозане (ФР). Централноболтова греда (ЦБГ) се сглобява в приспособление „2.4“ от сглобените единици долен пояс (ДП) и горен пояс (ГП), като се използват и допълнителни ръчни операции ДП* и ЦБГ*. Заваряването на централноболтова греда се извършва от робот „Мотоман“ (М-1). Самата рама се сглобява в приспособление „3.1“, бластира се в камера (К), заварява се от робот „Мотоман“ (М-2) и се извършват допълнителни операции Р*.



Фиг. 3.9. Комплексна схема на сглобяване на рамата на талигата

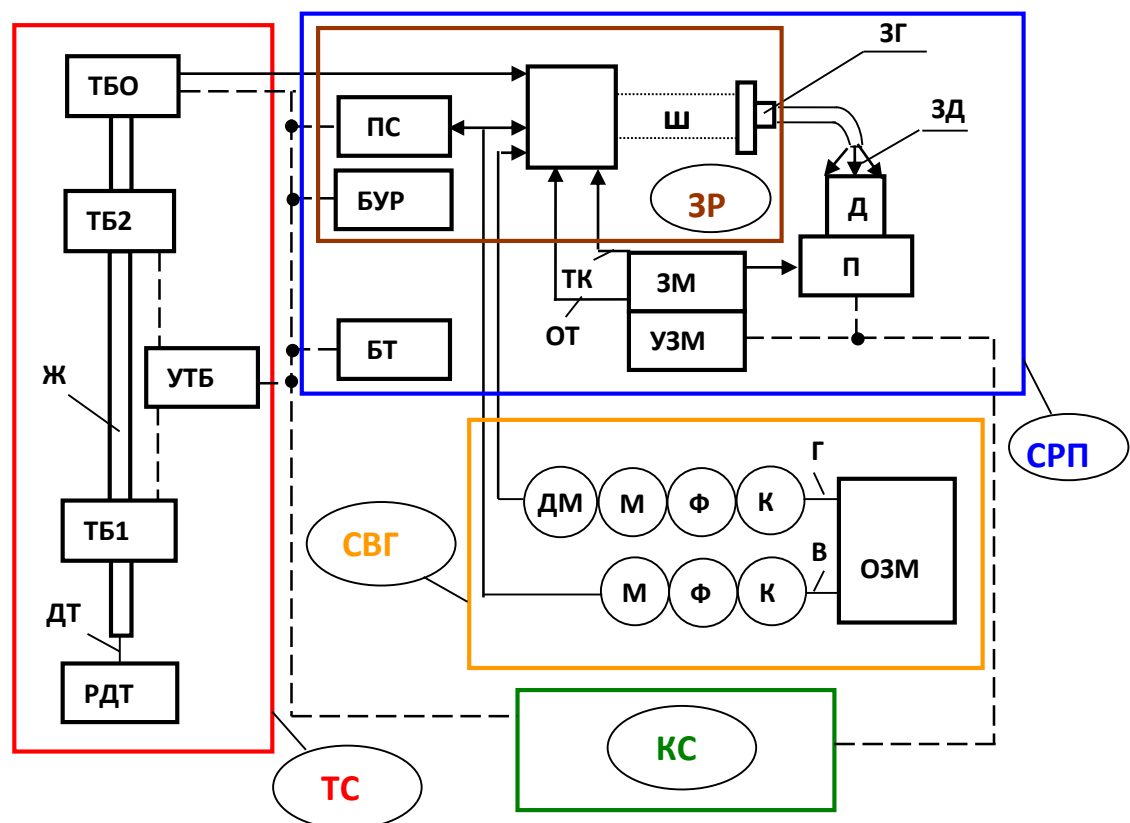
Роботизираната клетка за заваряване (Фиг.3.10) е изградена от системата на работния процес (СРП), телоподаваща система (ТС), системата за въздух и газ (СВГ) и компютърна система (КС). Заваръчната дъга (ЗД) се поддържа между детайла (Д), монтиран в технологичното приспособление (П) и заваръчната горелка (ЗГ) от заваръчната машина (ЗМ) чрез нейната управляваща система (УЗМ).

Токовите кабели (ТК) заедно с охлаждащите тръбопроводи (ОТ), както и тръбопроводите за въздух (В) и защитен газ (З) са защитени от повреда чрез шланга (Ш).

Изградена е допълнителна теплоснабдителна система от два теплоснабдителни блока (ТБ1 и ТБ2) и управляващ блок (УТБ), която довежда добавъчния тел (ДТ) от ролката с добавъчен тел (РДТ), чрез жилото (Ж) до основния теплоснабдителен блок (ТБ0).

Почистващата станция (ПС) периодично почиства елементите на заваръчната горелка от напеките пръски метал, които затрудняват защитата на заваръчния шев.

Управлението на заваръчния робот (ЗР) се извършва от специален блок за управление (БУР), който заедно с останалите елементи се управлява от компютърната система.



Фиг. 3.10. Блок-схема на роботизирана клетка за заваряване

Идентифицираните при наблюдението откази, както и тези от събраната априорна информация, са дадени в таблица 3.4.

Табл. 3.4. Видове откази

Код	Вид на отказа
1	Движение без заваряване с телоподаване
2	Отказ на токова дюза
3	Отказ на газова дюза
4	Отказ на изолаторна втулка
5	Отказ на газоразпределител
6	Невъзможен старт на заваряване
7	Задържане на бренера във фрезера
8	Група пори в заваръчен шев
9	Подрез на заваръчен шев
10	Голяма изпъкналост на заваръчен шев
11	Рестарт на заваръчна машина
12	Липса на търсене
13	Липса на защитен газ
14	Зареждане с добавъчен тел
15	Липса на състен въздух
16	Теч на шланг
17	Счупване на бърза връзка
18	Блокиран транспорт на заготовки
19	Отказ на вентилатора на заваръчната машина
20	Спиране изпълнението на програмата след позициониране в начална точка
21	Липса на заготовки (закупени)
22	Почистване на жило
23	Пропускане на заваръчен шев (поради възникващо несъвършенство)
24	Разрушаване на линеен лагер
25	Докосване на детайла от заваръчната горелка
26	Смяна на жило
27	Отказ на водна помпа на заваръчната машина
28	Ръчно изпълняване на функциите на почистващата станция
29	Износване на фрикционните ролки
30	Износване на зъбните колела от редуктора на телоподаващия блок
31	Отказ на ел. двигател на телоподаващия блок
32	Заваряване без движение
33	Пожар в телоподаващия блок

След анализ на физиката на отказите и причините за възникването им се приеха пет признака, по които бяха класифицирани отказите в пет групи:

- В първа група са поставени откази с цикличен характер, които се повтарят през определени периоди от време. Групата получи наименование „**консумативи**“ и в нея влизат откази с кодове 2, 3, 4, 5 и 14;

- Във втора група са поставени откази, свързани с качеството на заваръчния шев и тя получи наименование „**качествени**“. Тук влизат откази с кодове 8, 9, 10 и 23;

- В трета група са поставени откази, свързани със загуба на работоспособност на различни компоненти от системите на роботизирания комплекс и тя получи наименование „**компоненти**“.

В тази група влизат откази с кодове 16, 17, 19, 22, 24, 26, 27, 29, 30 и 31. За отказалите компоненти в тази група е характерно, че те са с дълъг технически ресурс, като в повечето случаи отказът се явява параметричен и може да се прогнозира, а за други може да се въведе студено резервиране;

- В четвърта група са поставени откази, свързани с появата на грешки при изпълнение на програмата и тя получи наименование „**програмни**“. Тук влизат откази с кодове 6, 7, 11, 12, 25, 28, 32;

- В пета група са поставени всички външни за роботизирания комплекс откази и тя получи наименование „**външни**“. Тук влизат откази с кодове 13, 15, 18 и 21.

Направената класификация ще подпомогне провеждането на статистическото изследване и търсенето на резерви за подобряване на експлоатационната надеждност на роботизирания комплекс за заваряване на рамата на талигата.

3.5. Констатации, обобщения и изводи от глава 3

1. Направен е литературен анализ на физико-химичната природа на отказите, тяхната класификация и причини за възникване.

2. Съставена е най-обща блок-схема на роботизирана клетка за заваряване от автоматизирана производствена система за заваряване рамата на талигата на товарен вагон, като е изяснена функционалната връзка между системите.

4. Показана е физическата структура на компонентите от системите на роботизирана клетка за заваряване и са идентифицирани възникващите откази в тях.

5. Направена е класификация на отказите на основата на приети критерии относно причина за възникване.

6. Направената класификация може да бъде основа за изследване на надеждността на автоматизирана производствена система за заваряване на рамата на талигата на товарен вагон.

2.4. ГЛАВА 4. ИЗСЛЕДВАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА НА РОБОТИЗИРАНИ КЛЕТКИ ЗА ЗАВАРЯВАНЕ

4.1. Цел, задачи и план на статистическото наблюдение на надеждността на роботизирани клетки за заваряване на рамата на талигата

4.1.1. Цел на статистическото наблюдение

Събраната информация от проведеното статистическо наблюдение ще се използва за определяне на надеждностните показатели:

- вероятност за безотказна работа;
- вероятност за възстановяване;
- коефициент на готовност;
- коефициент на техническо използване.

4.1.2. Задачи на статистическото наблюдение

В процеса на статистическото наблюдение се решават следните задачи:

- регистрирания на всички спиращения при автоматичното изпълнение на програмния цикъл за всеки робот, както и тяхната продължителност;
- установяване на причините за всяко спиране на изпълнението на програмния цикъл;
- регистриране на несъвършенства на заваръчния шев – голяма изпъкналост, подрез и група пори (по ISO 6520-1);
- регистриране на външни фактори, водещи до прекъсване или невъзможност да се изпълнява програмния цикъл – липса на сгъстен въздух или защитен газ в общозаводската магистрала, блокирана транспортна система за снабдяване на роботите със заготовки и др.;
- събиране на информация за работата и ремонта на роботизирания участък от началото на експлоатация до началото на наблюдението.

4.1.3. План за провеждане на статистическото наблюдение

Чрез съставения по-долу план се създават условия за успешно изпълнение на поставените задачи и получаване на достоверна и пълна информация за постигане на целите на статистическото изследване.

Определяне на единицата на наблюдението

За статистическа единица при надеждностни изследвания следва да се приеме възникването на единичен отказ. При автоматизирани производствени системи, за отказ се приема всяко спиране или невъзможност да започне програмния цикъл, както и всяко отклонение от качествените показатели на продукцията, записани в техническата документация. След като бе изяснена физиката на отказите във втора глава и бяха проведени интервюта с операторите на роботите, отговорника за поддържането на роботизирания комплекс и представители от ремонта на различните системи и елементи на комплекса, бе изготвен списък на откази, характерни за досегашната експлоатация на комплекса. Всеки отказ получи код за регистриране (таблица 3.4).

Срок и регистратори на статистическото наблюдение

Като регистратори на отказите участваха операторите (по един на смяна) на роботите. Те имат задължения да зареждат и освобождават технологичните приспособления със заготовки, да транспортират заготовки до и от роботите, както и да следят за откази и да работят за тяхното отстраняване. Регистрацията на отказите е допълнително натоварване за тях, затова за срок на наблюдението бяха определени осем последователни пълни петдневни работни седмици.

Избор на начин за регистриране на отказите

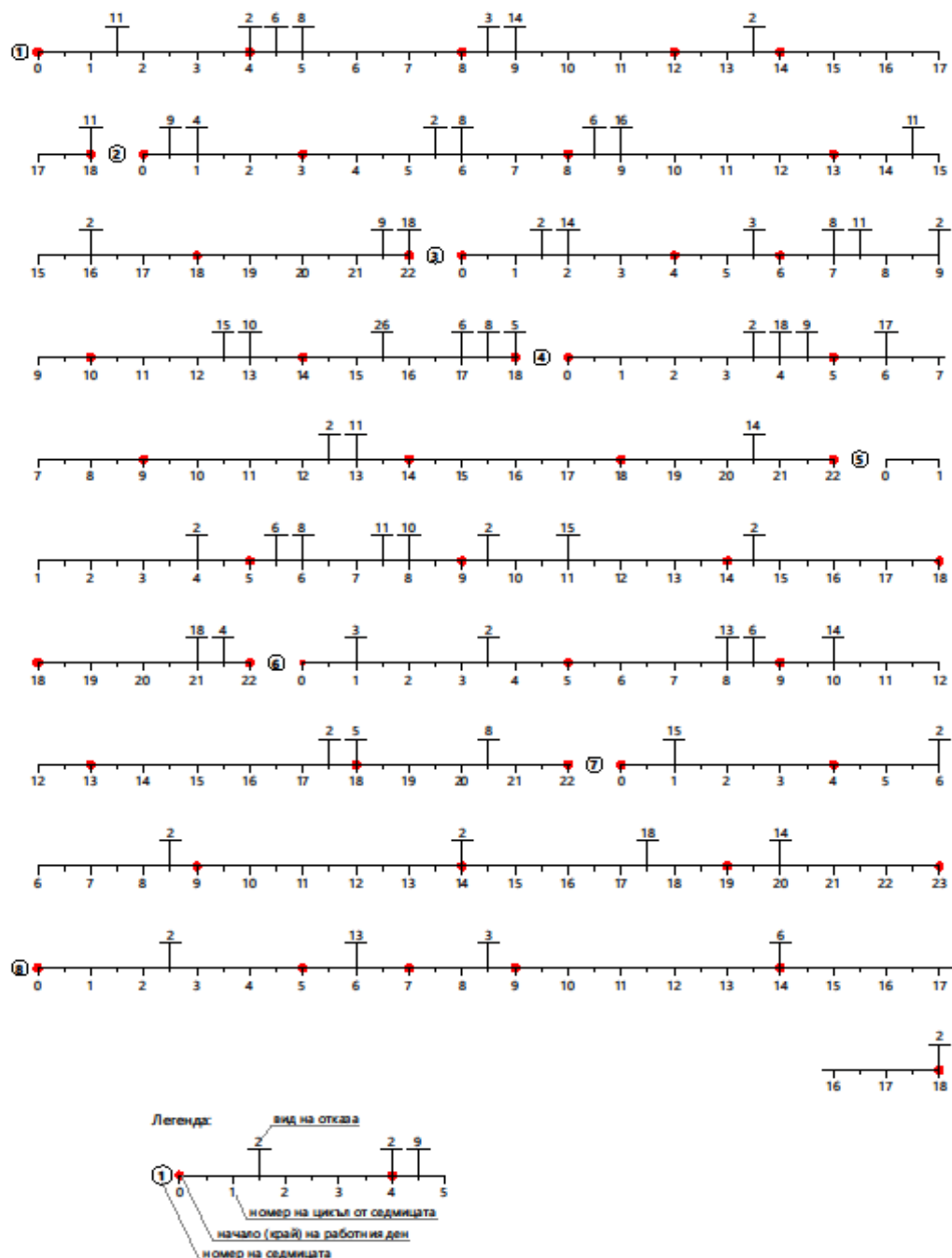
Начинът на регистриране на отказите трябва да ангажира вниманието на операторите възможно най-малко. Традиционното хронометриране на момента на възникване на отказ се оказа неприложимо. Прието бе да се работи с брой безотказно отработени цикли. Във връзка с по-горе изложените съображения, бе приет принципа – по време на възникване, отказът да се отнесе към началото, средата или края на цикъла, т.е. да се работи с минимално време на безотказна работа 0,5 цикъла.

4.2. Надеждностни показатели на първа роботизирана клетка за заваряване

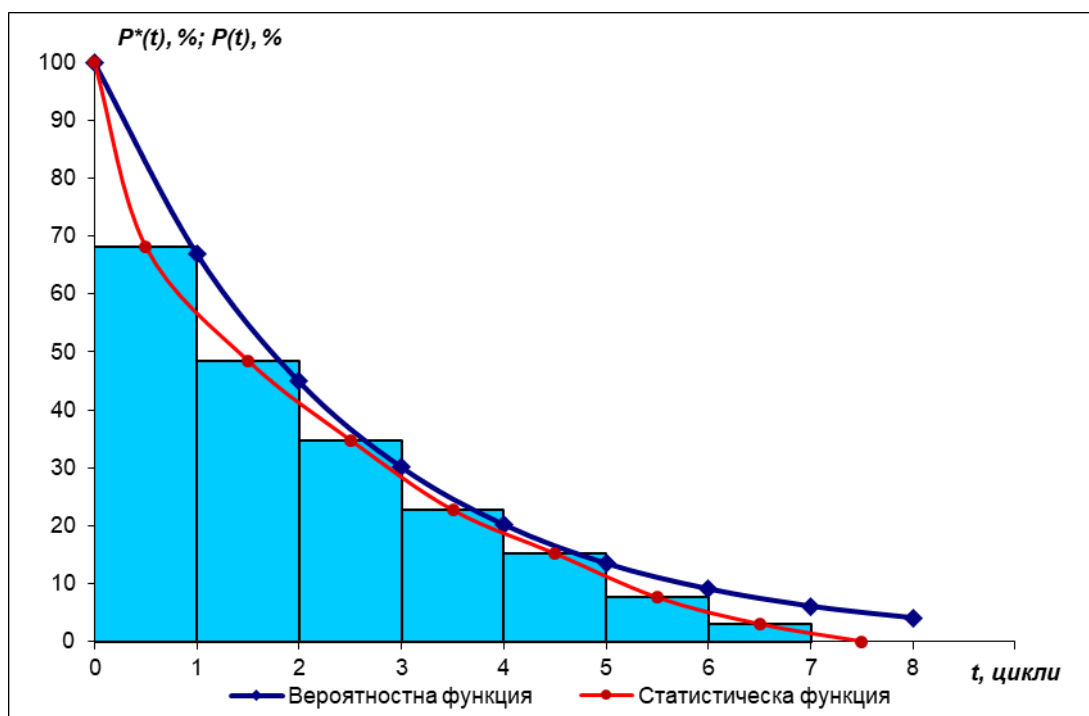
Възникналите откази по време на статистическото наблюдение са отразени в Дневник на отказите (Фиг. 4.2.).

На базата на извършената статистическа обработка на събраната информация е построена вероятностната и статистическата функция на вероятността за безотказна работа. (Фиг. 4.3.)

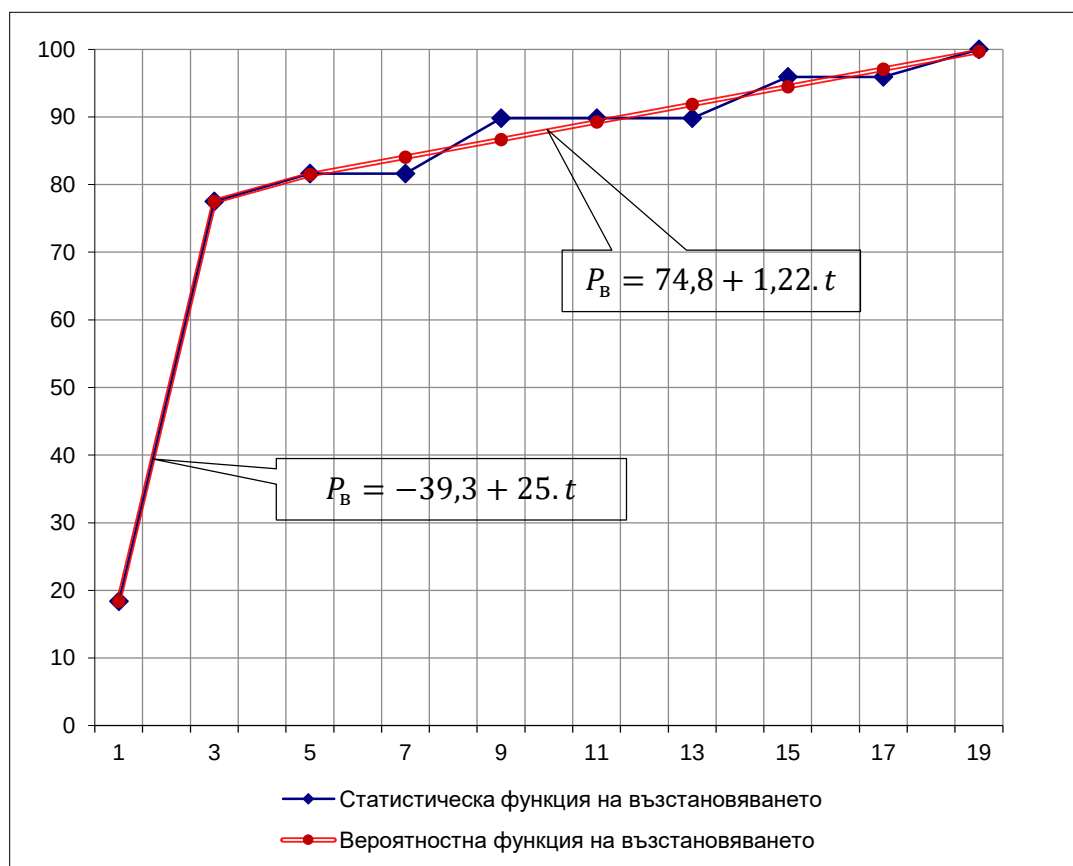
По време на наблюдението беше събрана информация за продължителността на възстановяване след всеки възникнал отказ на базата на която след статистическа обработка е построена статистическата и вероятностната функция на възстановяване (Фиг. 4.4.).



Фиг. 4.2. Дневник на отказите на първа роботизирана клетка за заваряване



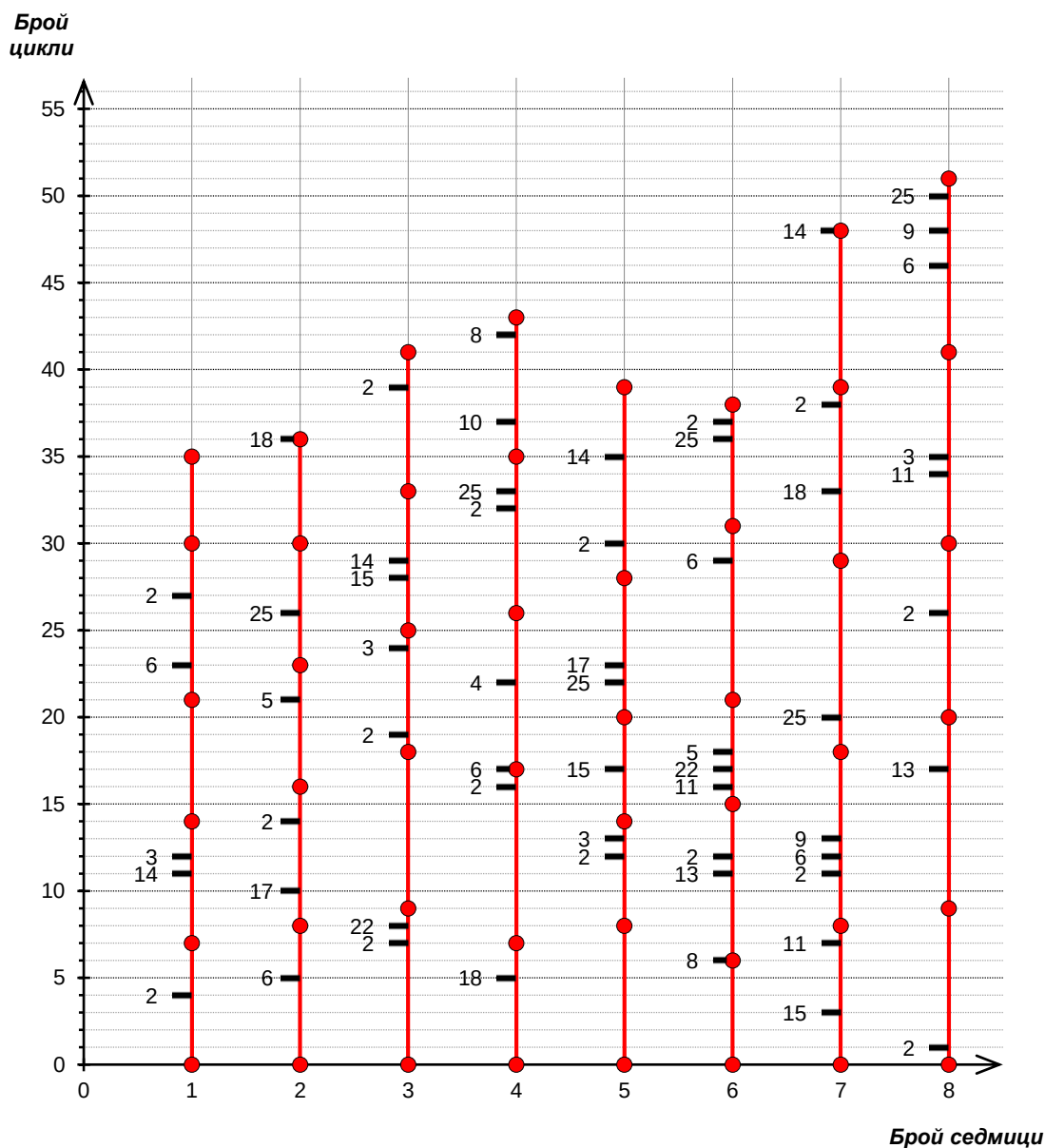
Фиг.4.3. Вероятностна и статистическа функция на ВБР



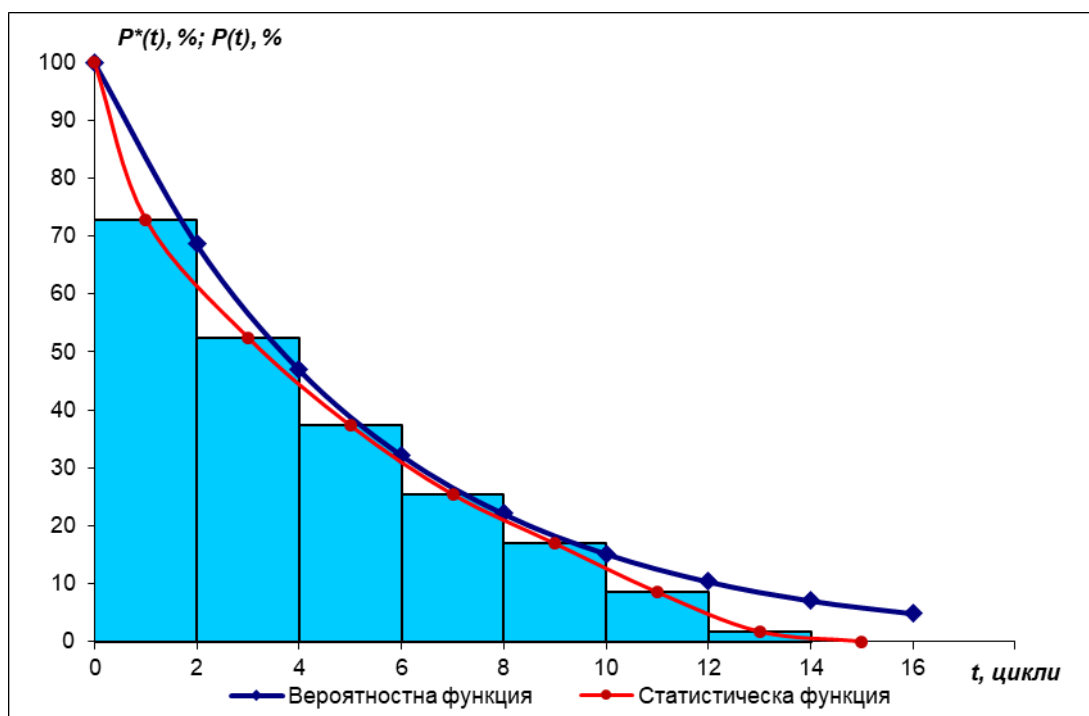
Фиг. 4.4. Статистическа и вероятностна функция на възстановяването на първа роботизирана клетка за заваряване

4.3. Надеждностни показатели на втора роботизирана клетка за заваряване

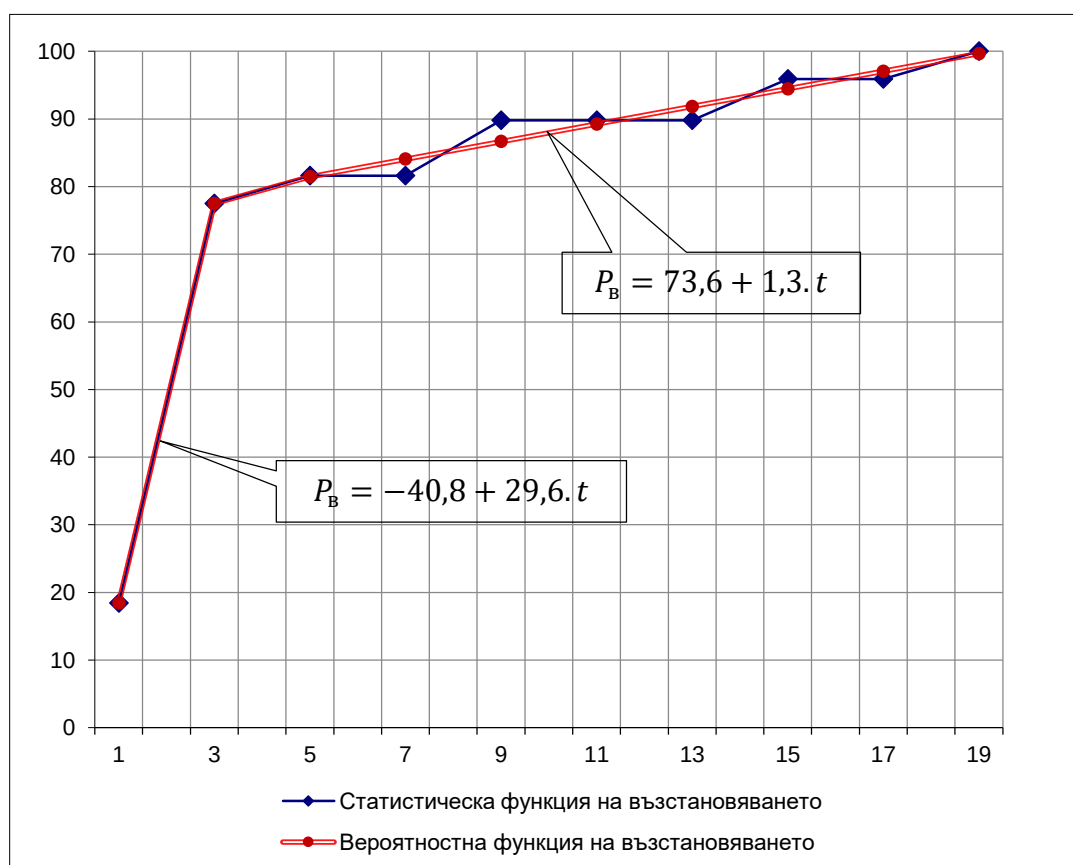
Във втора роботизирана клетка за заваряване индустриален робот Motoman-6HP (M2) заварява централноболтова гредка и нейната подгрупа долен пояс. По време на статистическото наблюдение бяха отработени 331 програмни цикъла, от които 165 са с ЦБГ и 166 с ДП. В дневника на отказите (Фиг. 4.6.) бяха регистрирани общо 59 броя.



Фиг. 4.6. Дневник на отказите на втора роботизирана клетка за заваряване



Фиг. 4.7. Вероятностна и статистическа функции на вероятност за безотказна работа

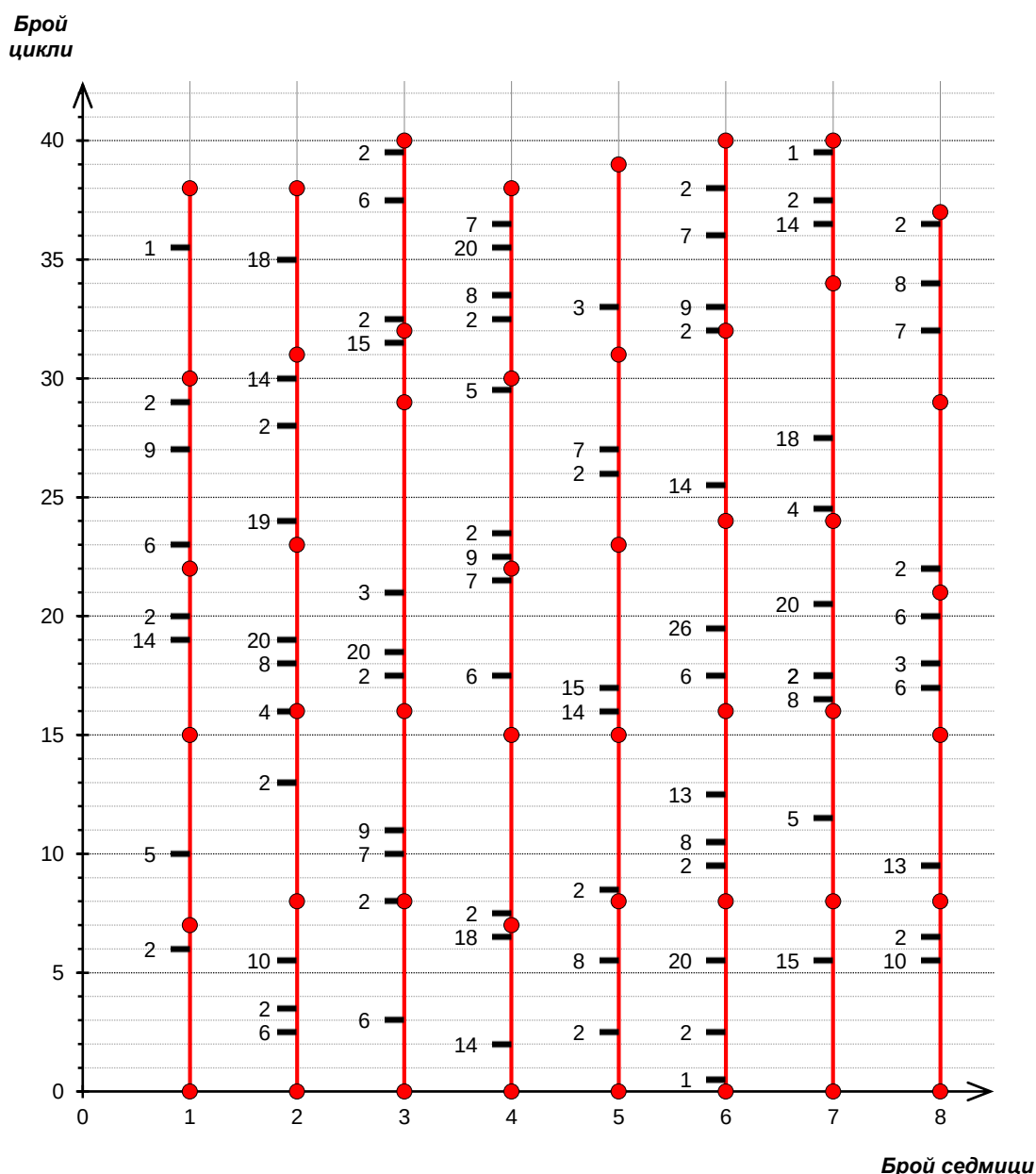


Фиг. 4.8. Статистическа и вероятностна функция на възстановяване на втора роботизирана клетка за заваряване

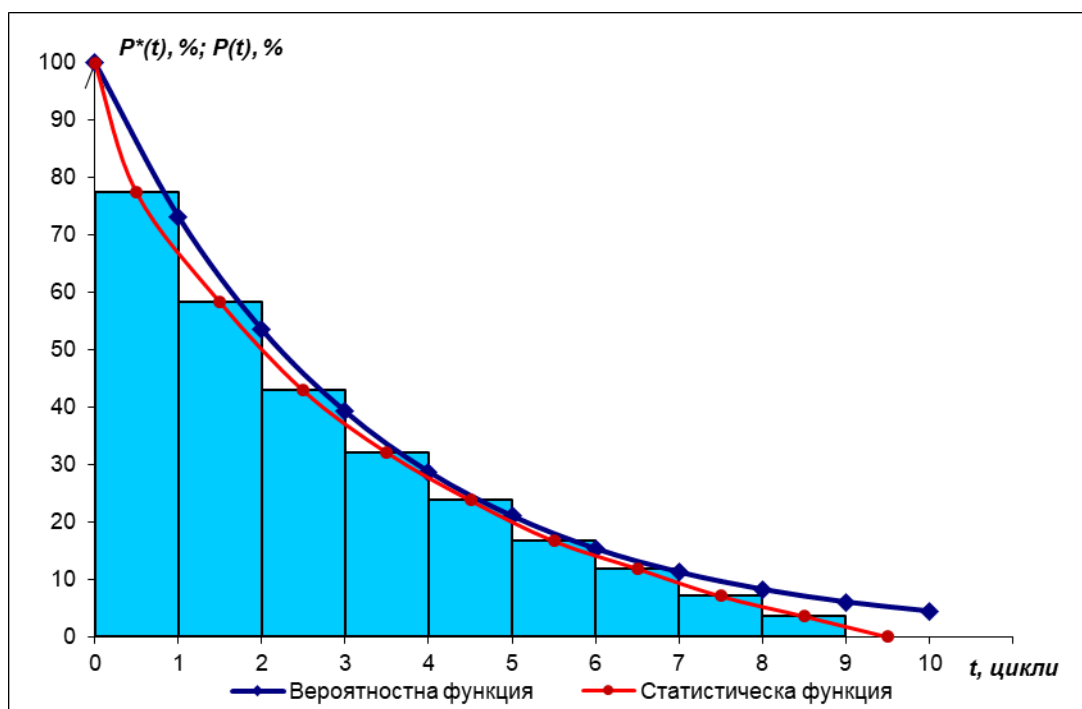
На фиг. 4.7 и 4.8 са дадени, съответно – вероятностна и статистическа функция на безотказна работа, статистическа и вероятностна функция на възстановяване.

4.4. Надеждностни показатели на трета роботизирана клетка за заваряване

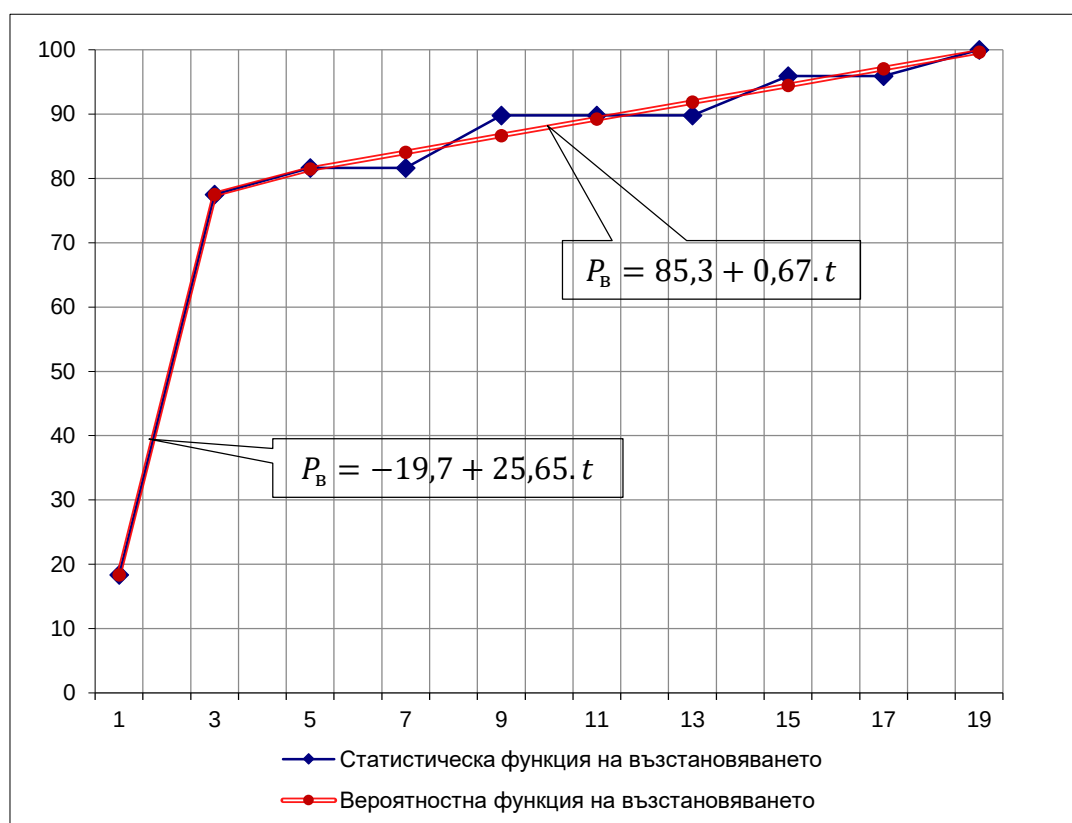
В трета роботизирана клетка за заваряване индустриален робот Фанук заварява надлъжна гредка. По време на статистическото наблюдение бяха отработени 310 програмни цикъла. В дневника на отказите (фиг. 4.10) бяха регистрирани общо 84 броя.



Фиг. 4.10. Дневник на отказите на трета роботизирана клетка за заваряване



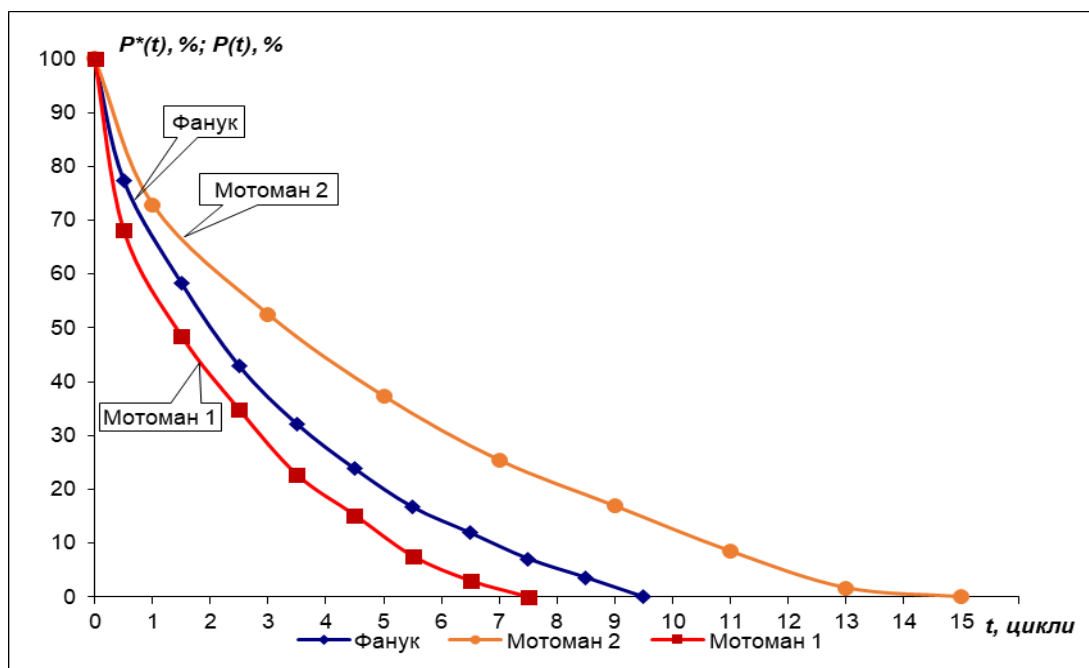
Фиг. 4.11. Вероятностна и статистическа функция на надеждността на трета роботизирана клетка за заваряване



Фиг. 4.12. Статистическа и вероятностна форма на функцията на възстановяване на трета роботизирана клетка за заваряване

На фиг. 4.11 и 4.12 са дадени, съответно – вероятностна и статистическа функция на безотказна работа, статистическа и вероятностна функция на възстановяване.

Статистическите функции на надеждността на трите роботизирани клетки за заваряване са представени на Фиг.4.14.



Фиг. 4.14. Статистически функции на надеждността на трите роботизирани клетки за заваряване

Изводи от глава 4

1. Формулирани са целите и задачите и е определен планът за провеждане на статистическо наблюдение върху работата на роботизиран участък за заваряване рамата на талигата.

2. Съставени са дневници на отказите за всяка една от трите РКЗ за период от осем работни седмици при двусменна работа.

3. Използвана е създадената методика за определяне на функцията на вероятността за безотказна работа чрез статистическа обработка на събраната информация.

4. Чрез регресионен анализ е получена функцията на възстановяване на всяка роботизирана клетка за заваряване.

6. Изследваните автоматизирани процеси са с голяма продължителност на работния цикъл (80, 72 и 40 минути), средното време за възстановяване е в интервала от 4 до 8 минути, поради което влиянието на отказите върху ефективната работа на роботизирана клетка за заваряване е незначително.

6. Доказано е експоненциално разпределение на функцията вероятност за безотказна работа на роботизираните клетки за заваряване.

7. От комплексната графика на надеждността и за трите РКЗ се вижда, че с най-голяма вероятност (съответно 16,8; 8,8 и 11,9 %) се случват откази с време за отстраняване от 2 до 4 минути.

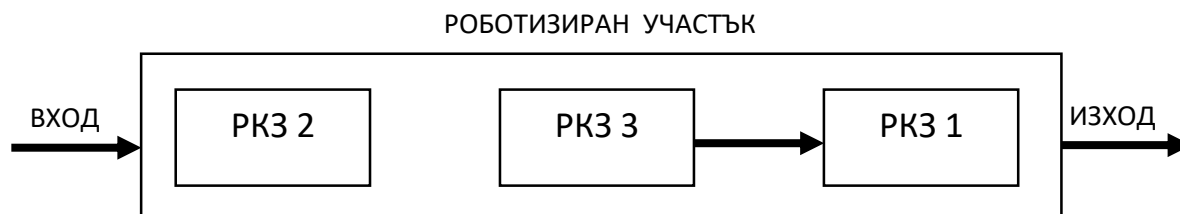
8. Най-висока стойност на ВБР за един работен цикъл се получи във втора РКЗ (82,5%), следвана от трета РКЗ (77,4 %) и втора РКЗ (68,2 %).

2.5. ГЛАВА 5. НАДЕЖДНОСТНИ ПОКАЗАТЕЛИ, АНАЛИЗ И МЕРКИ ЗА ПОВИШАВАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА НА АВТОМАТИЗИРАН УЧАСТЪК ЗА ЗАВАРЯВАНЕ НА РАМАТА НА ТАЛИГАТА

Използвайки, както получената, така и обработената информация от четвърта глава, можем да определим надеждностните показатели вероятност за безотказна работа, коефициент на готовност и коефициент на техническо използване на автоматизирания участък, които ще бъдат оценка за качеството на така структурирания технологичен процес и постигнатата синхронна работа на трите РКЗ.

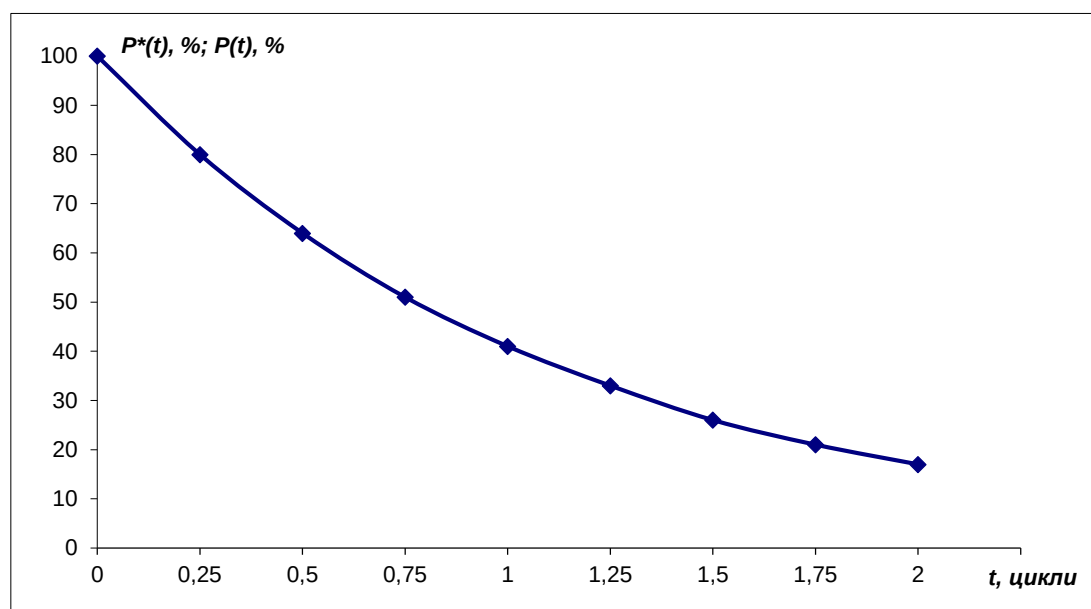
5.1. Определяне на вероятността за безотказна работа на автоматизирания участък

За определяне на ВБР на автоматизирания участък е необходимо да се състави логическа надеждностна система на производствения процес. Паралелно се изработват НГ и ЦБГ, след което от тях се сглобява и заварява рамата като завършено изделие, тоест имаме паралелно-последователен процес. При възникване на отказ, в която и да е РКЗ, всъщност се прекъсва производственият процес, поради липса на елементи за сглобяване, което определя последователно свързване на елементите (РКЗ) в логическата надеждностна система, показана на фиг. 5.1.



Фиг. 5.1. Логическа надеждностна система за определяне на вероятност за безотказна работа на участъка

Графиката на ВБР на автоматизирания участък е представена на Фиг. 5.2



Фиг. 5.2. Вероятност за безотказна работа на автоматизирания участък

5.2. Определяне на коефициента на готовност на автоматизирания участък

Коефициентът на готовност като комплексен показател отразява едновременно въздействието върху надеждността на безотказността и ремонтпригодността чрез времето на работа и времето за възстановяване. Отчитайки общите времена на работа и за възстановяване на автоматизирания участък, съгласно (19) за коефициента на готовност се получава:

$$K_r = 0,953.$$

5.3. Определяне на коефициента на техническо използване на автоматизирания участък

Чрез коефициента на техническо използване се отчита влиянието на вътрешни и външни фактори за АУ върху работоспособното състояние на неговите технологични единици (РКЗ).

Такива фактори са:

Липса на закупени заготовки и консумативи (челюст буксова, защитен газ и др.);

Липса на заготовки от други цехове (цех за разкрой, ковашко-пресов цех и др.);

Липса на заготовки за РКЗ от работните позиции за ръчно прихващане на ДП, ЦБГ и рама;

Провеждане на ремонтни работи по време на работа на АУ.

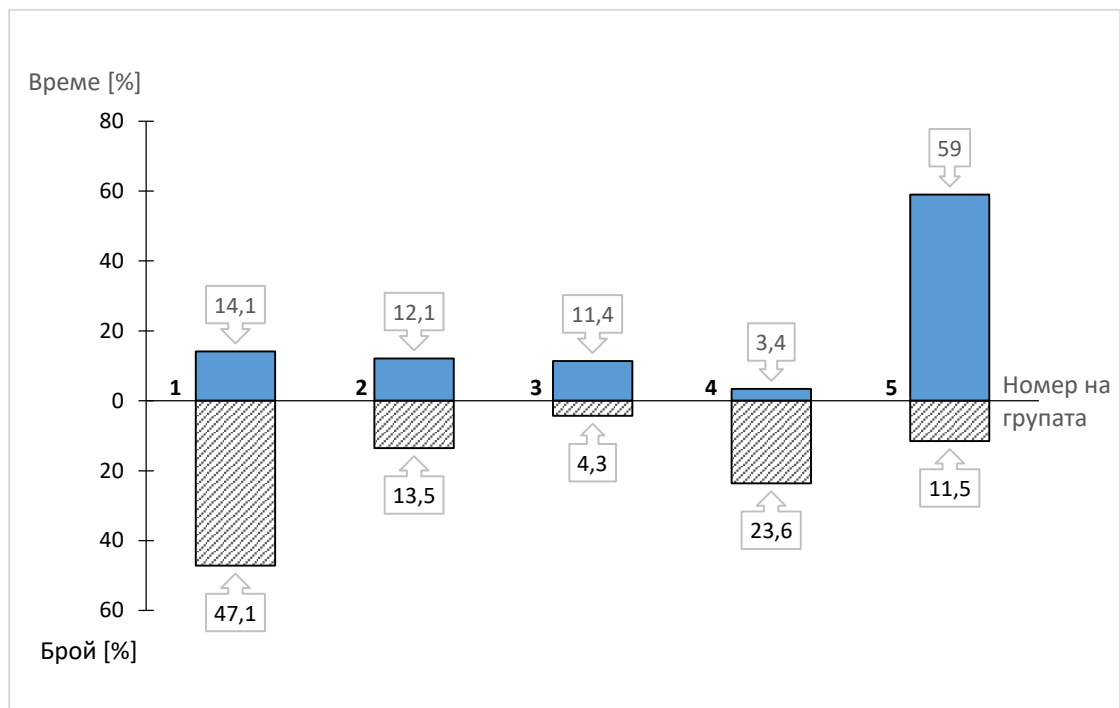
Като се вземе под внимание информацията, получена през наблюдавания период, за коефициента на техническо използване се получава:

$$K_{\text{ти}} = 0,937,$$

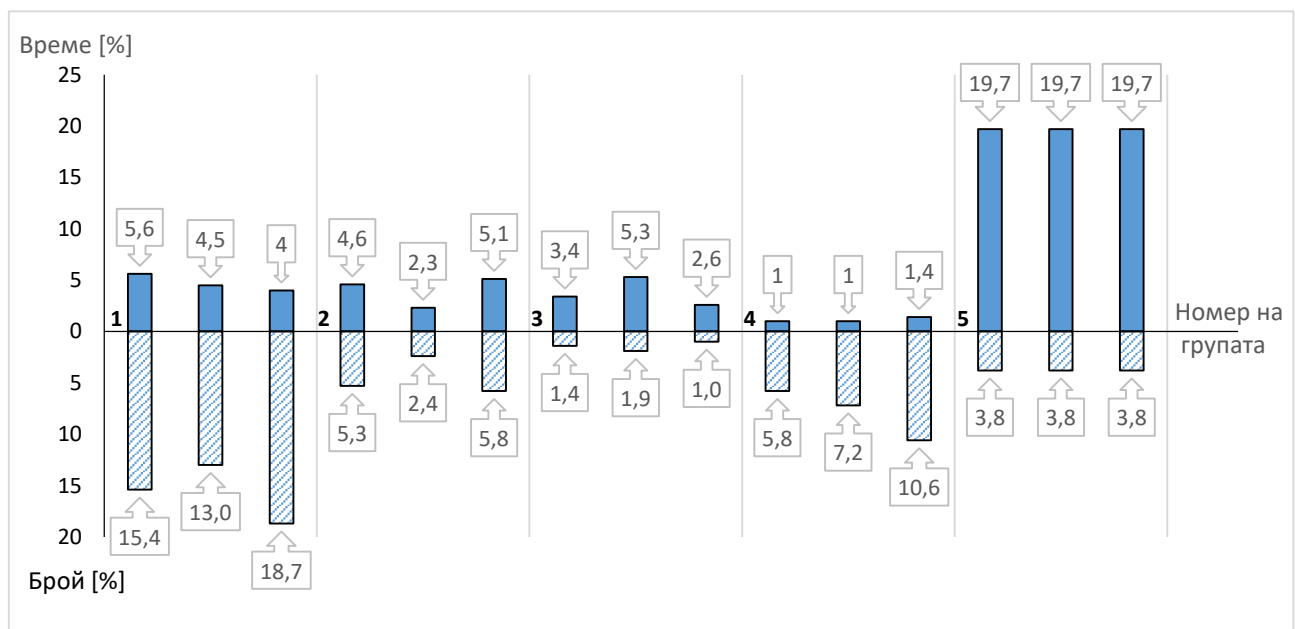
което е сравнително висока стойност. Независимо от това, необходимо е да се оптимизира управлението на складовите запаси и да се направи анализ на причините за възникване на останалите престои, а както се вижда, те са от организационен характер.

5.4. Анализ и мерки за повишаване на надеждността на автоматизирания участък

Като първа стъпка в анализа на надеждността са определени тегловните коефициенти на всяка група в баланса на времето за възстановяване, които са дадени на фиг. 5.3., както и разбивката им по роботизирани клетки на фиг. 5.4.



Фиг. 5.3. Тегловни коефициенти по време за възстановяване и брой откази по групи



Фиг. 5.4. Тегловни коефициенти по време за възстановяване и брой откази по групи откази и роботизирани клетки за заваряване

По-долу са представени мерки, чието реализиране би повишило сегашните стойности на надеждностните показатели. Една част от мерките са свързани с отклонение в технологията и технологичните инструкции, а друга – с препоръки за подобрене в процеси и конструктивни решения. Мерките са дадени по групи откази и в два раздела посочени по-горе.

Първа група – „консумативи“ (кодове 2, 3, 4, 5, 14 и 28).

А – препоръки за спазване на технологията:

1. Възстановяване на почистващата станция с оригинални възли и детайли.

Б – препоръки за подобрения:

1. Резервните консумативи (токова и газова дюза, газоразпределител и изолаторна втулка) и инструменти за монтаж и демонтаж да бъдат разположени в роботизираните клетки, с което ще се намали времето за възстановяване на отказите с кодове 2, 3, 4 и 5.

2. Да се търси решение за автоматизиране на впръскването на керамичен спрей от флакон, което сега се извършва ръчно с ангажимент на оператора.

Втора група – „качествени“ (кодове 8, 9, 10 и 23)

А – препоръки и спазване на технологията:

1. Задължително бластиране на детайлите, с което се намалява вероятността за отказ с код 8 и откази с код 2 и 3 от първа група.

2. Задължително почистване на маслени петна върху повърхността на детайлите.

Б – препоръки за подобрения:

1. Да се използва капацитетът на бластиращата камера на цеха, ако тя е недонатоварена.

2. Отстраняване чрез планов ремонт на всички течове на масло от притискащите механизми.

Трета група – „компоненти“ (кодове 16, 17, 19, 22, 24, 26, 27, 29, 30, 31)

А – препоръки за спазване на технологията

1. Да не се прилага почистване на жилото на добавъчния тел, а да се заменя с ново при възникване на първите проблеми при зареждане с нова ролка с добавъчен тел.

Б – препоръки за подобрения:

1. Да се потърси ново решение за закрепване на жилото към робот Мотоман [97] за напълно предотвратяване на отказ с код 17.

2. Да се приложи студено резервиране на вентилаторите на заваръчните машини, за предотвратяване на отказ с код 19.

3. Извършване на дейности по ремонт и ТО (отказ с код 26) да се планират и извършват в извънработно време на роботизирания комплекс.

4. Да се състави списък с минимално необходимия брой резервни части и възли, за да се предотвратят по-дълги (1-2 работни дни) престой на роботизираният комплекс (отказ с код 24).

5. Да се въведе дневник на отказите в роботизирания комплекс, който ще позволи прогнозиране на параметричните откази (кодове 24, 26, 29, 30 и др.) и оптимизиране на месечните заявки за консумативи.

Четвърта група – „програмни“ (откази с кодове 1, 6, 7, 11, 12, 20, 25, 28, 32)

А – препоръки за спазване на технологията:

1. Ежедневно почистване на роботизирания комплекс и особено на компонентите на роботите и телоподаващата система.

Б – препоръки за подобрения:

1. Да се намери по-ефективен начин за наблюдение на работата на трите робота.

2. Да се изгради специална работна зона за операторите, която, комбинирана с точка Б1, ще създаде нормална работна среда, като ги предпази от посочените по-горе вредности.

Пета група – „външни“ (откази с кодове 13, 15, 18, 21)

А – препоръки за спазване на технологията:

1. Да не се допуска спиране на захранването със сгъстен въздух в зимните месеци в часовете от 6 до 8.

Б – препоръки за подобрения:

1. Да се оптимизира управлението на складови наличности (защитен газ и закупени заготовки), за да се избегнат откази с кодове 13 и 21.

2. Да се разработи и прилага специална система за ТО и ремонт на двата мостови крана, за да се постигне по-висока надеждност.

5.5. Констатации, обобщения и изводи от глава 5

1. Определени са надеждностните показатели на автоматизирания участък: вероятност за безотказна работа, коефициент на готовност и коефициент на техническо използване.

2. Получените стойности на надеждностните показатели са по-високи от посочените в научната литература, което се дължи на структурата на технологичния процес, доброто състояние на технологичните единици и на високата квалификация на операторите на РКЗ.

3. Задълбочено са анализирани отказите по групи, като за всяка група е даден комплекс от мерки за повишаване на надеждността на автоматизирания участък.

4. Предложено е реалистично решение, чрез което с минимални разходи на време и средства да се реструктурира настоящата линия за производство на рамата на талигата, което да доведе до ръст на надеждността, производителността и икономия на средства.

2.6. ГЛАВА 6. НАДЕЖДНОСТНО ИКОНОМИЧЕСКИ МОДЕЛ НА ПРОИЗВОДСТВОТО, ЕКСПЛОАТАЦИЯТА И РЕМОНТА НА ТОВАРНИ ВАГОНИ

Икономизацията на надеждността е стойностно оценяване на свойството надеждност във всичките му компоненти, както и цената на надеждността, потенциално заложена и реално постигната за извършване на производство и ремонт на товарни вагони. Така стойността на надеждността е резултативно качество, проявяващо се при експлоатацията на въпросната система от вагони, нейното обслужване и управление. В изведения математичен модел (48) общите разходи за поддържане на надеждността са функция на вероятността за безотказна работа ($P_{БР}$), коефициента на техническо използване ($K_{ТИ}$), техническия ресурс ($T_{ср}$), разходите за ремонт (C_p) и разходите на евентуално възникнал отказ ($C_{отк}$).

Ако за времето на средния ресурс $T_{ср}$ на експлоатация на обектите на товарни вагони е установена експоненциална хипотеза на разпределението на надеждността, то средният брой откази $n_{ср}$ на възстановим технически обект от изследвания вагон ще се определя от $n_{ср} = \lambda T_{ср}$. Съответно за произволен период T (част от времето на средния ресурс) ще следва:

$$P(T) = e^{-\lambda T} \quad (43)$$

$$\ln P(T) = -\lambda T \quad (44)$$

$$\lambda = -\frac{1}{T} \ln P(T) \quad (45)$$

от формули (43) до (45) следва:

$$n_{cp} = -\frac{T_{cp}}{T} \ln P(T) \quad (46)$$

Ако цената на един ремонт е C_p , то средната цена на всички ремонти $\bar{C}(T_{cp})$ за времето на средния ресурс T_{cp} (при коефициент на техническо използване K_{TH} на товарни вагони), ще се определя от формулата:

$$\bar{C}(T_{cp}) = -C_p \frac{T_{cp}}{T} K_{TH} \cdot \ln P_{BP}(T) \quad (47)$$

Като се включи в (47) и цената на единичния отказ $C_{отк}$ (при положение, че отказът не завършва с бракуване), то следва формулата за икономическия модел за надеждност на товарни вагони, определящ средната цена на всички ремонти $\bar{C}(T_{cp})$ за времето на средния технико-икономически ресурс T_{cp} :

$$\bar{C}(T_{cp}) = -[C_p + C_{отк}] \frac{T_{cp}}{T} K_{TH} \cdot \ln P_{BP}(T) \quad (48)$$

6.1. Констатации, обобщения и изводи от глава 6

Изведен е математически модел за определяне разходите за поддържане надеждността на товарни вагони, чрез прилаганата от БДЖ система от средни и капитални ремонти.

ПРИНОСИ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Предложена е методика за изследване на експлоатационната надеждност при автоматизирано производство на товарни вагони, чрез която могат да се определят показателите: вероятност за безотказна работа, вероятност за възстановяване, коефициент на готовност, и коефициент на техническо използване.

2. Направена е идентификация и класификация на отказите при автоматизирано производство на талигата. Отказите са класифицирани в пет групи.

3. Изследвана е надеждността на роботизирана клетка за заваряване. Определени са функциите на вероятността за безотказна работа и за възстановяване за всяка роботизирана клетка. Доказано е експоненциално разпределение на функцията вероятност за безотказна работа.

4. Дефинирани са мерки за повишаване на надеждността на автоматизиран участък за заваряване.

5. Създаден е математичен модел за икономизация на надеждността на товарни вагони, чрез прилаганата от БДЖ система от средни и капитални ремонти.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Едрев С., Експлоатационна надеждност на роботизиран комплекс за заваряване „МОТОМАН“, сп. Известия на Съюз на учените – Сливен, ISSN: 1311 2864, ТОМ 33 (1), 2018
2. Едрев С., М. Топалова, Изследване безотказната работа на роботизираната клетка за заваряване на рамата на талигата на товарен вагон, сп. Машины, технологии и материали, 11/ 2019.
3. Петров Н, С. Едрев, Икономизация на надеждността на композиция от железопътни вагони чрез диагностика и оптимален ремонт, Национална конференция с международно участие, „Сливен 2017“, юли 2017, Сливен, сп. Машиностроене и машинознание, ISSN: 1312- 8612, том 28, 2018
4. N. Petrov, Lilya Staneva, Yulian Petrov, Stancho Edrev, Study of the determination of the technical resources for toothed gears mechanisms of marine and aviation communication systems, International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 9, Issue 6, June-2018.

SUMMARY

Reliability research work of automated production and repair of freight wagons

Stancho Kostov Edrev, M.Sc.Eng.

This research work presents the results of the monitoring on a robotic cell operation for welding the bogie frame on a freight car for two months. The structure of the robotic welding cell is revealed and a register of the occurred failures was formed. A statistical processing of the received information has been made and an analytical expression about the trouble-free operation has been determined. Recommendations for increasing trouble-free operation are suggested.

The trouble-operation of a technical system is determined by one of the private properties of reliability – faultless work. Quantitative reliability has been assessed by criteria: probability of faultless work, probability of failure, flow refusals parameter, etc. The realistic design standardization is especially important because it participates in the determination of the project performance, and at the production stage is demonstrated the prognosis of probability.

The physical nature of emerging failures in the robotic welding cell has been discovered and analyzed to formulate sound recommendations for increasing trouble-free operation.

An analytical term has been found describing the true work of the RWC to develop a mathematical model for the investigation of the reliability of the robotic welding cell .

An exponential distribution of the probability of failure-free operation has been proven to create the opportunity to conduct adequate simulation studies of the robotic welding cell.