

Управление жизненным циклом объектов морской техники. Моделирование и расчет параметров эксплуатационных циклов – программа «Лента»

Цыбанов Кирилл Владимирович, инженер 2 категории

Шевченко Валентин Николаевич, ведущий инженер высшей квалификации

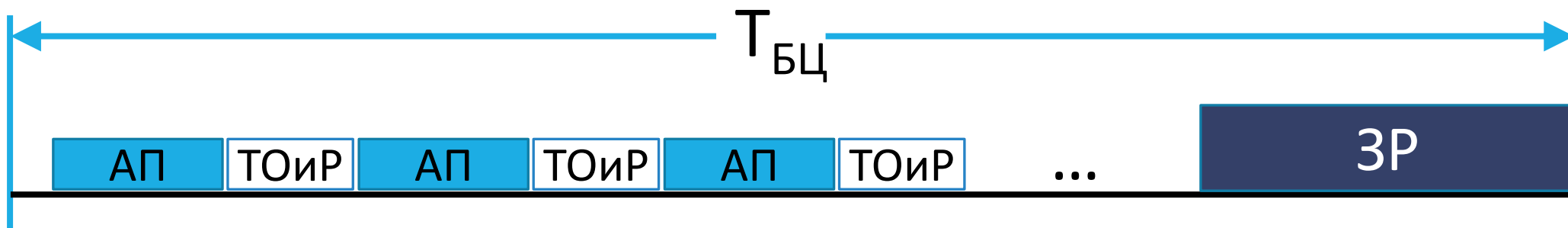
Третьяков Александр Владимирович, к.т.н., начальник отдела



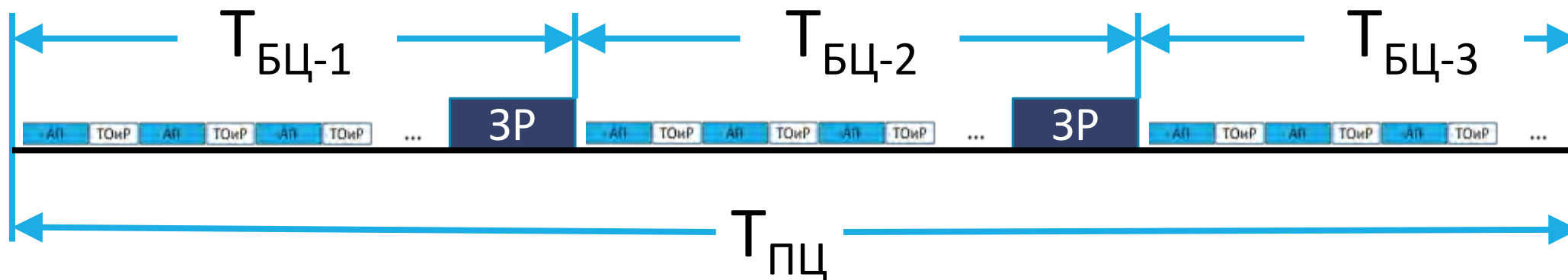
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ
БЮРО МОРСКОЙ ТЕХНИКИ

Большой цикл эксплуатации (БЦ)



Полный цикл эксплуатации (ПЦ)



АП

– Использование по назначению

ЗР

– Заводской ремонт

ТОиР

– Техническое обслуживание, ремонт и общетехнические мероприятия



Виды процессов



Использование по назначению



ТО и ремонт



Общетехнические мероприятия



Учения

T_{эц}

Параметры эксплуатационного цикла

✓ Продолжительность ЭЦ	$T_{\text{эц}}$
✓ Суммарная продолжительность использования ОМТ по назначению	$\sum T_{\text{АП}}$
✓ Суммарная продолжительность ТО и ремонтов	$\sum T_{\text{ТОиР}}$
✓ Коэффициент использования по назначению	$K_{\text{ИН}} = \frac{\sum T_{\text{АП}}}{T_{\text{эц}}}$
✓ Коэффициент технического использования	$K_{\text{ТИ}} = \frac{\sum T_{\text{АП}}}{\sum T_{\text{АП}} + \sum T_{\text{ТОиР}}}$
✓ Стоимость эксплуатации	$C_{\text{экспл.}}$
✓ Удельная стоимость использования	$\rho_{\Sigma} = \frac{C_{\text{постр.}} + C_{\text{экспл.}}}{K_{\text{ИН}} \cdot T_{\text{эц}}}$

$\{R_i\}$ — Физические ресурсы $\{T_j\}$ — Временные ресурсы

$$R_i = R_i^* \quad R_i(t) = R_i^* - R_{\Sigma i}(t); \quad R_i(t) \geq \tau_m \cdot k_{im}$$

$$T_j = T_j^* \quad T_j(t) = T_j^* - (t - t_{0j}); T_j(t) \geq \tau_m$$



Для выполнения процесса использования по назначению

$$T_j^* - (t - t_{0j}) \geq \tau_m, \quad \forall j \in \overline{1, j^*}$$

$$R_i^* - R_{\Sigma i}(t) \geq \tau_m \cdot k_{im}, \quad \forall i \in \overline{1, i^*}$$

$\{R_i\}$ — Физические ресурсы

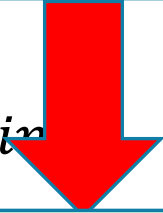
$\{T_j\}$ — Временные ресурсы

$$R_i = R_i^* \quad R_i(t) \quad R_i^* - R_{\Sigma i}(t); \quad R_i(t) \geq \tau_m \cdot k_{im}$$

- **Время непрерывной работы основных систем без ТО**
- **Запасы**
- **Энергоресурс**
- **Назначенный ресурс основных систем до ЗР**
- **Назначенный ресурс полный**
- ...

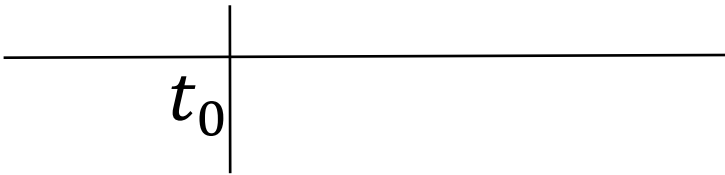
$\{R_i\}$ — Физические ресурсы

$\{T_j\}$ — Временные ресурсы



$$R_i = R_i^* \quad R_i(t) = R_i^* - R_{\Sigma i}(t); \quad R_i(t) \geq \tau_m \cdot k_{im}$$

$$T_j = T_j^* \quad T_j(t) = T_j^*$$



Для выполнения проц

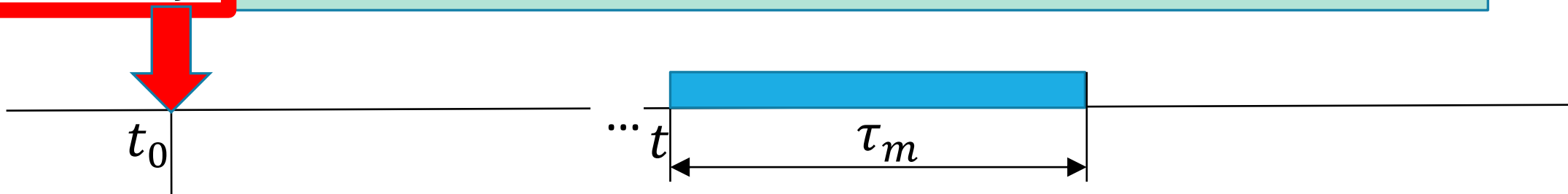
T_j^*
 R_i^*

- Периодичность ДР
- Периодичность замены АБ
- Назначенный срок службы до ЗР
- Назначенный срок службы полный
- ...

$\{R_i\}$ — Физические ресурсы $\{T_j\}$ — Временные ресурсы

$R_i = R_i^*$
 $T_j = T_j^*$

Значения ресурсов на начало эксплуатации или после восстановления



Для выполнения процесса использования по назначению

$$T_j^* - (t - t_{0j}) \geq \tau_m, \quad \forall j \in \overline{1, j^*}$$
$$R_i^* - R_{\Sigma i}(t) \geq \tau_m \cdot k_{im}, \quad \forall i \in \overline{1, i^*}$$

$\{R_i\}$ — Физические ресурсы $\{T_j\}$ — Временные ресурсы

$$R_i = R_i^*$$

$$R_i(t) = R_i^* - R_{\Sigma i}(t);$$

$$T_j = T_j^*$$

$$T_j(t) = T_j^* - (t - t_{0j})$$

Располагаемые ресурсы на момент t



Для выполнения процесса использования по назначению

$$T_j^* - (t - t_{0j}) \geq \tau_m, \quad \forall j \in \overline{1, j^*}$$

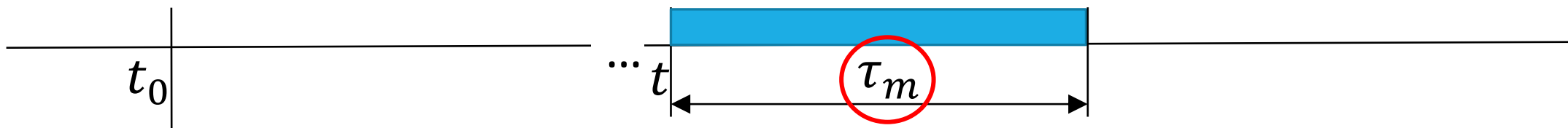
$$R_i^* - R_{\Sigma i}(t) \geq \tau_m \cdot k_{im}, \quad \forall i \in \overline{1, i^*}$$

$\{R_i\}$ — Физические ресурсы $\{T_j\}$ — Временные ресурсы

Условия выполнения
процесса m

$$R_i(t) \geq k_{im} \cdot \tau_m$$

$$T_j(t) \geq \tau_m$$



Для выполнения процесса использования по назначению

$$T_j^* - (t - t_{0j}) \geq \tau_m, \quad \forall j \in \overline{1, j^*}$$

$$R_i^* - R_{\Sigma i}(t) \geq \tau_m \cdot k_{im}, \quad \forall i \in \overline{1, i^*}$$

Типы отношений между процессами



V - Предшествующий процесс



P - Последующий процесс



A - Поглощаемый процесс

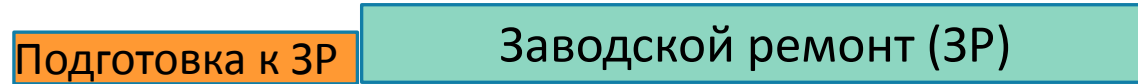


O - Параллельный процесс $dT = 0$

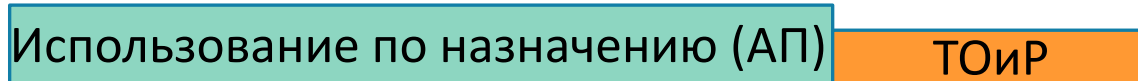


S - Параллельный процесс $dT > 0$

Примеры отношений процессов



V - Предшествующий процесс



P - Последующий процесс



A - Поглощаемый процесс



O - Параллельный процесс $dT = 0$



C - Параллельный процесс $dT > 0$

Главное окно программы «Лента»

The screenshot displays the main window of the 'Лента' software. On the left, a tree view shows a project hierarchy under 'для НИР' and 'Демо', with a selected node 'Y: 704 T=0'. The main area contains several tabs: 'Процессы', 'Ресурсы', 'Стоимость восстановления', 'Состояние ОМТ', 'Расчет ЭЦ', 'Схема ЭЦ', and 'Соединение'. Below these are two data tables. The first table, 'Процессы ОМТ', lists various maintenance tasks with checkboxes and columns for type, name, designation, and duration. The second table, 'Процесс-Ресурсы', lists resources with columns for type, name, designation, cost, and restoration time. A third table at the bottom right shows process dependencies. Red arrows point from text boxes to specific elements in the interface.

v	Тип	Наименование	Обозначение	T, сут
<input checked="" type="checkbox"/>	0	Начало ЭЦ	Начало ПЦ	0
<input checked="" type="checkbox"/>	A	Автономный поход	АП	
<input checked="" type="checkbox"/>	B	ДР	ДР	
<input checked="" type="checkbox"/>	B	Заводской ремонт	ЗР	
<input checked="" type="checkbox"/>	B	Замена АБ	АБ	
<input checked="" type="checkbox"/>	B	МПР		
<input checked="" type="checkbox"/>	C	Ввод в эксплуатацию		
<input checked="" type="checkbox"/>	C	МПП		
<input checked="" type="checkbox"/>	C	Подготовка к ЗР		
<input checked="" type="checkbox"/>	C	Подготовка к БС 1	Подг_БС	
<input checked="" type="checkbox"/>	O	Вывод из эксплуатации	Списание	

v	Тип	Наименование	Обозначение	Расход	Восстановление
<input checked="" type="checkbox"/>	R	Назначенный ресурс до ЗР	R_зр	0,000	1,000

Процесс	Потребляемый процесс
<input checked="" type="checkbox"/> ДР	Потребляемый процесс
<input checked="" type="checkbox"/> МПР	Потребляемый процесс
<input checked="" type="checkbox"/> Подготовка к ЗР	Предшествующий процесс
<input checked="" type="checkbox"/> Замена АБ	Параллельный процесс (dT>0)
<input checked="" type="checkbox"/> Ввод в эксплуатацию	Последующий процесс

Вкладки результатов моделирования

Вкладки исходных данных

Дерево проектов ОМТ и вариантов расчета

Каталог ресурсов. Каталог процессов

Каталог ресурсов

Ресурс

Наименование: Полный назначенный ресурс, ч

Обозначение: R_полн

Ресурс	Обозн
Полный назначенный ресурс, ч	R_полн
Назначенный ресурс до ЗР, ч	R_зр
Кампания АЗ ПГБ, эф.ч	W_0
Время непрерывной работы без ТО, ч	R_to
Запасы и отдых, ч	Z\$O
Полный назначенный срок службы, сут	T_полн
Назначенный срок службы до ЗР, сут	T_зр
Срок службы до ДР, сут	T_др
Периодичность учений, сут	T_уч
Периодичность отработок, сут	T_отр
Срок службы до ДО, сут	T_до
Срок службы до замены АБ, сут	T_аб
Срок службы оборудования до ЗР+, сут	T_зрО
Полный срок службы оборудования, сут	T_полн
Срок службы до ТР	T_тр

Каталог процессов

Процесс

Наименование: Автономный поход

Обозначение: АП Вид: Использование

Процесс	Обозначение	Вид процесса
Автономный поход	АП	Использование
ДО	ДО	ТО и ремонт
ДР	ДР	ТО и ремонт
МПР	МПР	ТО и ремонт
Замена АБ	АБ	ТО и ремонт
Замена АЗ	АЗ	ТО и ремонт
Заводской ремонт	ЗР	ТО и ремонт
Подготовка к ЗР	Подг_ЗР	ОТМ
Продление срока службы (ресурса)	T_+зр	ТО и ремонт
Замена оборудования	Зам.об.	ТО и ремонт
МПП	МПП	ОТМ
Ввод в эксплуатацию	Ввод	ОТМ
Подготовка к БС 1	Подг_1БС	ОТМ
Вывод из эксплуатации	Списание	Вывод
Учения	Учения	БП
Отработка курсовых задач	Отработка	БП
Периодичность отработок	2\$O	ОТМ

Формирование ресурсов

Y: 704 T=0

Процессы: Ресурсы | Стоимость восстановления | Состояние ОМТ | Расчет ЭЦ | Схема ЭЦ | Соединение

Ресурсы ОМТ | Применяемые ресурсы

v	Тип	Наименование	Обозначение	Значение	Резерв
<input checked="" type="checkbox"/>	R	Полный назначенный ресурс, ч	R_полн	00000	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	R	Назначенный ресурс до ЗР, ч	R_эр	2000	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	R	Время непрерывной работы без ТО...	R_то	080	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	T	Полный назначенный срок службы...	T_полн	125	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	T	Срок службы до замены АБ, сут	T_аб	825	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	T	Назначенный срок службы до ЗР, с...	T_эр	825	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	T	Срок службы до замены АБ, сут	T_др	47	0,00

Ресурс-Процессы | Применяемые процессы

v	Тип	Наименование	Обозначение	Расход	Восстановление
<input checked="" type="checkbox"/>	A	Автоматический поход	АП	1,000	0,000
<input checked="" type="checkbox"/>	B	Замена АБ ремонт	ЗР	0,000	1,000

Состав и исходные величины ресурсов

Процессы, в которых расходуется или восстанавливается ресурс

Y: 704 T=0

Процессы | Ресурсы | Стоимость восстановления | Состояние ОМТ | Расчет ЭЦ | Схема ЭЦ | Соединение

Текущий процесс: Автономный поход

Начало процесса: 30 июня 2018 г.

Окончание процесса: 14 августа 2018 г.

Тип R - Физические ресурсы

Наименование	Обозначение	Исходное значение, R*	Расход, Rсум.	Остаток (R*-Rсум.)
Время непрерывной работы без ТО, ч	R_to	1080	1080	0
Назначенный ресурс до ЗР, ч	R_зр	22000	5400	16600
Полный назначенный ресурс, ч	R_полн	100000	5400	94600

Тип T - Временные ресурсы

Наименование	Обозначение	T*	Остаток	Начало исчисления	Дата истечения
Назначенный срок службы до ЗР, сут	T_зр	1825	1235	01.01.2017	31.12.2021
Полный назначенный срок службы, сут	T_полн	9125	8535	01.01.2017	26.12.2041
Срок службы до ДР, сут	T_др	547	502	30.06.2018	29.12.2019
Срок службы до замены АБ, сут	T_аб	1825	1235	01.01.2017	31.12.2021

Июнь 2018

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
28	29	30	31	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	1
2	3	4	5	6	7	8

Сегодня: 24.02.2018

Текущий процесс

Располагаемые ресурсы

Вариант 247

Моделирование эксплуатации

Y: 704 T=0

Процессы | Ресурсы | Стоимость восстановления | Состояние ОМТ

01.01.2018 ПЦ

Последовательность процессов

Значения ресурсов на момент окончания процесса

Суммарные количество и продолжительность процессов

Рассчитанные параметры циклов эксплуатации

Y	Обозн.	Кол	Тсум, сут	Нсум, чел.ч	Ссум, тыс руб	Процесс	D1, сут	D2, сут	Н, чел.ч	Стоимо, тыс руб	БЦ
<input checked="" type="checkbox"/>	АБ	3				МПР-16	-12.2021	-12.2021			1
<input checked="" type="checkbox"/>	АП	80				МПП	-12.2021	-01.2022			1
<input checked="" type="checkbox"/>	Ввод	4				АП-17	-01.2022	-03.2022			1
<input checked="" type="checkbox"/>	ДР	12				МПР-17	-03.2022	-03.2022			1
<input checked="" type="checkbox"/>	ЗР	3				МПП	03.2022	-04.2022			1
<input checked="" type="checkbox"/>	МПП	76				АП-18	-04.2022	-05.2022			1
<input checked="" type="checkbox"/>	МПР	76				МПР-18	-05.2022	-05.2022			1
<input checked="" type="checkbox"/>	Подг	4				МПП	-05.2022	-06.2022			1
<input checked="" type="checkbox"/>	Подг_ЗР	3				ДР-3	06.2022	-07.2022			1
						АП-19	-07.2022	-09.2022			1
						МПР-19	-09.2022	-09.2022			1
						МПП	09.2022	-10.2022			1
						АП-20	-10.2022	-11.2022			1
						Подг_ЗР	-11.2022	-12.2022			1
						ЗР-1	-12.2022	-04.2024			1
						АБ-1	-12.2023	-04.2024			1
						Ввод	-04.2024	-10.2024			2
						Подг	-10.2024	-11.2024			2
						АП-21	-11.2024	-01.2025			2
						МПР-20	-01.2025	-01.2025			2
						МПП	01.2025	-02.2025			2

Наименование	Обозн.	Расход	Остаток
Время непрерывной работы без ТО, ч	R_то	0	1080
Назначенный ресурс до ЗР, ч	R_зр	19440	2560
Полный назначенный ресурс, ч	R_полн	19440	80560

Наименование	Обозн.	Расход	Остаток
Назначенный срок службы до ЗР, сут	T_зр	110	15
Полный назначенный срок службы, сут	T_полн	110	515
Срок службы до ДР, сут	T_др	15	2
Срок службы до замены АБ, сут	T_аб	110	15

БЦ	T_Используй.	T_ТОиР	T2	T_цикла	КИН	КТИ	Стоимость ЭЦ, тыс руб	Стоимость ЭЦ/Тисп, тыс руб/сут	Стоимость ЖЦ/Тисп, тыс руб/сут
БЦ-1	900	785	43099	45404	2305	0,3904555		0,5341246	
БЦ-2	900	785	45404	47709	2305	0,3904555		0,5341246	
БЦ-3	900	785	47709	50014	2305	0,3904555		0,5341246	
БЦ-4	900	295	50014	51799	1785	0,5042017		0,7531381	
ПЦ	3600	2650	43099	51799	8700	0,4137931		0,576	

Вариант 247

Результаты

- Методическая база для управления жизненным циклом
- Автоматизация расчетов параметров ЖЦ, трудоемкости и продолжительности ТО и ремонтов, стоимости эксплуатации ОМТ и других
- Автоматизация процесса построения вариантов схем эксплуатационных циклов ОМТ
- Автоматизация сравнительного анализа вариантов проекта ОМТ по критерию стоимость/эффективность
- Универсальность – расчеты могут быть выполнены для любых объектов, имеющих длительный срок службы

Доработка программы для группы совместно эксплуатирующихся объектов

- График изменения во времени количества объектов, одновременно находящихся в технической готовности и (или) проходящих ТО и ремонт
- Обеспечение заданного количества постоянно используемых по назначению ОМТ
- Обеспечение равномерности загрузки системы ТО и ремонта
- Прогнозирование динамики загруженности средств ТО и ремонта
- Управление материально-техническим обеспечением