The background of the slide features a person in a blue shirt working at a computer. The scene is overlaid with a vibrant, abstract pattern of blue, green, and purple lines, resembling a digital or network visualization. A semi-transparent blue and green rectangular box is positioned in the center, containing the main title.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ НА ПК ОПТИМАЛЬНОГО ГРАФИКА РЕМОНТА СТАНКОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Выпол
нила:
Шалы
к И. С.
Руков
одител
ь:

Трофи

**НЕКАЧЕСТВЕННОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
ОБОРУДОВАНИЯ**

**НЕСВОЕВРЕМЕННЫЙ ВВОД
ОБОРУДОВАНИЯ В РЕМОНТ**

**УМЕНЬШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ**

**УВЕЛИЧЕНИЕ ДОЛИ
АВАРИЙНЫХ ПОЛОМОК**

**ПРОСТОЙ ОБОРУДОВАНИЯ
ИЗ-ЗА ВНЕПЛАНОВЫХ РЕМОНТОВ**

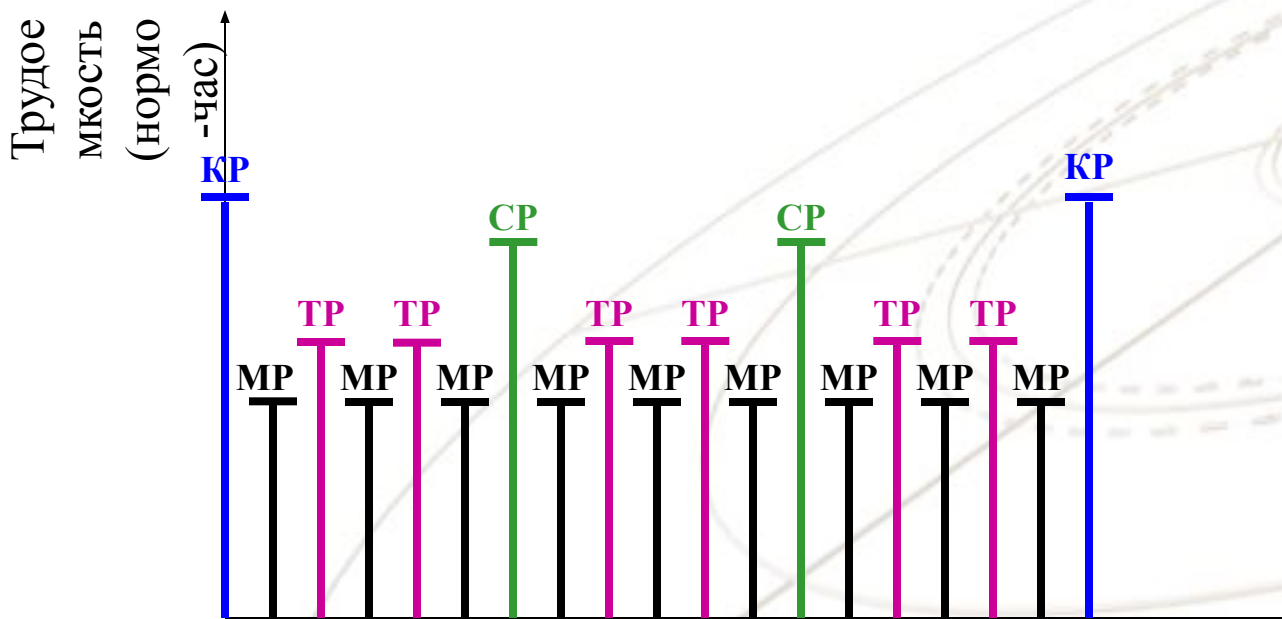
**УХУДШЕНИЕ
КАЧЕСТВА
ПРОДУКЦИИ**

**НАРУШЕНИЕ РИТМИЧНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА**

**ПОТЕРИ СЫРЬЯ,
ПОЛУФОБРИКАТОВ,
ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

**УХУДШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Структура ремонтного цикла



КР – капитальный ремонт;

ТР – текущий ремонт;

СР – средний ремонт;

МР – межремонтные работы.

Математическая модель задачи

Обозначения

- I – множество единиц оборудования, которое обслуживает бригада ремонтников;
- i – номер станка (оборудования);
- m – номер месяца года, $m = 1, 2, \dots, 12$;
- t_{im} – трудоемкость ремонтных работ по i -му станку в m -ый месяц;
- R_m – ресурсы трудоемкости (мощности) ремонтных работ на каждый месяц;
- ΔR_m – допустимое отклонение от заданных мощностей $\min\{50; 0.15R_m\}$
- y_{1m} – недогрузка ремонтных бригад в m -ый месяц;
- y_{2m} – перегрузка ремонтных бригад в m -ый месяц;
- C_{1m} – штраф за недогрузку бригады в m -ый месяц за нормо-час;
- C_{2m} – штраф за перегрузку бригады в m -ый месяц за нормо-час;
- δ_{ik} – булевы переменные; $k \in \{-1, 0, 1\}$

Модель

ь

$$(1) \quad \sum_{k=-1}^1 \delta_{ik} = 1 \quad \delta_{ik} \in \{0, 1\} \forall i \in I, k \in \{-1, 0, 1\}$$

$$(2) \quad R_m - \Delta R_m \leq \sum_{k=-1}^1 \sum_{i \in I} t_{im-k} \delta_{ik} + y_{1m} - y_{2m} \leq R_m + \Delta R_m \quad \forall m = 1:12$$

$$(3) \quad \sum_{m=1}^{12} (C_{1m} y_{1m} + C_{2m} y_{2m}) \rightarrow \min$$

$$y_{1m}, y_{2m} \geq 0 \quad \forall m = 1:12$$


Матрица математической модели

Переменные	δ_{11} δ_{12} δ_{13}	...	δ_{I1} δ_{I2} δ_{I3}	$y_{11}y_{12} \dots y_{1I2}$	$y_{21}y_{22} \dots y_{2I2}$	знак	Свободные члены
Целевая функция	0 0 0	...	0 0 0	$C_{11}C_{12} \dots C_{1I2}$	$C_{21}C_{22} \dots C_{2I2}$		
1	t_{12} t_{11} 0		t_{I2} t_{I1} 0	1 0 ... 0	-1 0 ... 0	\leq \geq	$R_1 \pm \Delta R_1$
2	t_{13} t_{12} t_{11}		t_{I3} t_{I2} t_{I1}	0 1 ... 0	0 -1 ... 0		$R_2 \pm \Delta R_2$
...
11	t_{112} t_{111} t_{110}		t_{I12} t_{I11} t_{I10}	0 0 ... 0	0 0 ... 0		$R_{11} \pm \Delta R_{11}$
12	0 $t_{112}t_{112} + t_{111}$		0 $t_{I12}t_{I12} + t_{I11}$	0 0 ... 1	0 0 ... -1		$R_{12} \pm \Delta R_{12}$
1	1 1 1		0 0 0			$=$	1
2	0 0 0		0 0 0				
...	0	0		
I	0 0 0		1 1 1				

Пример решения модели частично целочисленного программирования с помощью оптимизатора Lp_Solve

Входные данные (input.txt)

```
min: 3x1 +x2  
+3x3;  
2x1 +x2 +x3 < 2;  
x1 +2x2 +3x3 < 5;  
2x1 +2x2 +x3 < 6;  
int x1, x2;
```



lp_solve.exe

Выходные данные (output.txt)

```
Value of objective  
function: 5  
x1 0  
x2 0  
x3 1.6667
```

Форма входных данных

Изменение параметров оборудования

Параметры

Вид производства:	1	Заводской номер:	1738
Год:	86	Сложность мех. ремонта:	15
Цех:	14	Сложность эл. ремонта:	0
Участок:	00	Дата ввода в эксплуатацию:	8410
Группа:	01	Дата посл. кап. ремонта:	8302
Подгруппа:	03	Дата посл. ремонта:	8607
Порядковый номер:	6	Вид ремонта:	3
Наименование:	СТАНОК ТОКАРНЫЙ	Периодичность ремонта:	6
Модель:	152406		

Запланированный ремонт

Механический:				Электрический:			
Январь:		Июль:		Январь:		Июль:	
Февраль:	Текущий	Август:		Февраль:		Август:	
Март:	Осмотр	Сентябрь:		Март:		Сентябрь:	
Апрель:	Промывка	Октябрь:	Осмотр	Апрель:		Октябрь:	
Май:	Смазка	Ноябрь:		Май:		Ноябрь:	
Июнь:	Капит.	Декабрь:		Июнь:		Декабрь:	
	Текущий						

Изменить Отмена

Форма входных данных

Штрафы

Перегрузка		Простой	
Январь	<input type="text" value="2"/>	Январь	<input type="text" value="1"/>
Февраль	<input type="text" value="2"/>	Февраль	<input type="text" value="1"/>
Март	<input type="text" value="2"/>	Март	<input type="text" value="1"/>
Апрель	<input type="text" value="2"/>	Апрель	<input type="text" value="1"/>
Май	<input type="text" value="2"/>	Май	<input type="text" value="1"/>
Июнь	<input type="text" value="2"/>	Июнь	<input type="text" value="1"/>
Июль	<input type="text" value="2"/>	Июль	<input type="text" value="1"/>
Август	<input type="text" value="2"/>	Август	<input type="text" value="1"/>
Сентябрь	<input type="text" value="2"/>	Сентябрь	<input type="text" value="1"/>
Октябрь	<input type="text" value="2"/>	Октябрь	<input type="text" value="1"/>
Ноябрь	<input type="text" value="2"/>	Ноябрь	<input type="text" value="1"/>
Декабрь	<input type="text" value="2"/>	Декабрь	<input type="text" value="1"/>

Ресурсы

Трудоемкость	
Январь	<input type="text" value="124,73"/>
Февраль	<input type="text" value="124,73"/>
Март	<input type="text" value="124,73"/>
Апрель	<input type="text" value="124,73"/>
Май	<input type="text" value="124,73"/>
Июнь	<input type="text" value="124,73"/>
Июль	<input type="text" value="124,73"/>
Август	<input type="text" value="124,73"/>
Сентябрь	<input type="text" value="124,73"/>
Октябрь	<input type="text" value="124,73"/>
Ноябрь	<input type="text" value="124,73"/>
Декабрь	<input type="text" value="124,73"/>

Архитектура программы «Equipment»

входные данные

Equipment

ФОРМИРОВАНИЕ БД

ПОСТРОЕНИЕ
МАТРИЦЫ
МОДЕЛИ

ФОРМИРОВАНИЕ
ВХОДНОГО
ПОТОКА ДЛЯ Lp_Solve

ВЫЗОВ ОПТИМИЗАТОРА

ОБРАБОТКА РЕШЕНИЯ

ПОСТРОЕНИЕ
ОПТИМЛЬНОГО
ГРАФИКА РЕМОНТА

ВЫВОД ВИДЕОГРАММЫ
ПЛАНОВ РЕМОНТОВ

ПОСТРОЕНИЕ
НОРМАТИВНОГО
О
ГРАФИКА
РЕМОНТА

Lp_Solve

ПОИСК
РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧИ
ОПТИМИЗАЦИ
И

Главная форма программы «Equipment»

Планирование ремонта оборудования

Проект **Планирование** Оборудование Отчеты Настройки Помощь

План ремонта

Зав.№9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
37981		т						о				
37982		о						т				
37983	т						о					
37984	о							т				
37985						т						о
37986		т									о	
37987	т						о					
37988			к							о		
37989						к						о
37990			к							о		
37991				т							о	
37992		о								т		
37993						т						о
37994				т							о	
37995		о							т			
37996		т						о				
37997	о						т					

Оптимальный план ремонта

Зав. №9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
37981	т							о				
37982		о							т			
37983		т							о			
37984		о								т		
37985								т				о
37986	т									о		
37987	т						о					
37988			к							о		
37989						к						о
37990				к							о	
37991							т					о
37992		о								т		
37993								т				о
37994						т						о
37995		о								т		
37996		т							о			
37997	о									т		

Перегрузки

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перегрузка	0	36	289	0	0	154	0	0	0	0	0	0
Простой	0	0	0	0	106	0	48	0	65	7	92	77

Перегрузки оптимального плана

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Перегрузка	4	0	55	91	0	55	0	0	0	0	0	0
Простой	0	0	0	0	0	0	0	0	5	23	99	63

Сообщения

Суммарная перегрузка плана:

Суммарная перегрузка оптимального плана:

Суммарная недогрузка плана:

Суммарная недогрузка оптимального плана:

Годовые издержки плана:

Годовые издержки оптимального плана:

Сравнительный анализ загрузки ремонтной бригады по нормативному и оптимальному планам ППР

Номер месяца	Суммарная месячная загрузка		Месячная перегрузка (нормо-час)		Месячная недогрузка (нормо-час)		Штрафные единицы	
	план	Оптим. план	план	Оптим. план	план	Оптим. план	План	Оптим. план
1	112	147	0	4	0	0	0	8
2	179	143	36	0	0	0	72	0
3	432	198	289	55	0	0	578	110
4	118	234	0	91	0	0	0	182
5	0	118	0	0	106	0	106	0
6	297	198	154	55	0	0	308	110
7	58	117	0	0	48	0	48	0
8	117	108	0	0	0	0	0	0
9	41	101	0	0	65	5	65	5
10	99	83	0	0	7	23	7	23
11	14	7	0	0	92	99	92	99
12	29	43	0	0	77	63	77	63
Всего	1497	1497	479	205	395	190	1353	600

Основные результаты

1. Разработана математическая модель оптимального планирования ремонта оборудования;

2. Для автоматизации решения поставленной задачи создана программа «Equipment» на языке C++Builder с использованием оптимизатора Lp_Solve;

3. Проведен анализ эффективности построенной модели;

4. Основные тезисы работы опубликованы в сборнике материалов международной XVI конференции «Математика в вузе» (июнь, 2003).