

# ПРОГРАММА РАСЧЁТА МЕТАЛЛОЗАВАЛКИ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

---

**Инновационное республиканское  
унитарное предприятие “ Научно –  
технологический парк БНТУ “Метолит”**

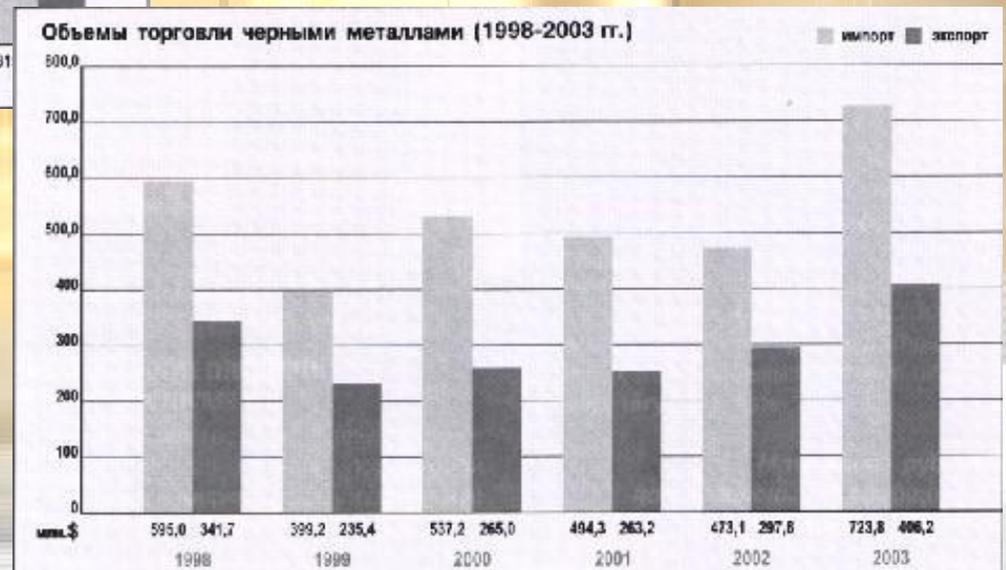
**Студенческая НИЛ информационных  
технологий**

# ОБЪЕМЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ МЕТАЛЛА В БЕЛАРУСИ



За 1998-2000 гг объем экспорта металла в Республику Беларусь составил  $\approx 1429.6$  млн \$

За 2001-2004 гг объем экспорта металла в Республику Беларусь составил  $\approx 1711.1$  млн \$



# ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА



## Цель проекта:

- разработка программного обеспечения, реализующего алгоритм решения многовариантной задачи минимизации стоимости шихты при заданных условиях получения сплава определенного химсостава из неограниченного множества исходных компонентов металлоставки

## Задачи:

- снижение себестоимости получения литых изделий, удовлетворяющих требованиям по химсоставу применяемых сплавов
- использование в составе шихты дешевых многокомпонентных вторичных материалов

# МЕТОДЫ РАСЧЁТА КОМПОНЕНТОВ ШИХТЫ



- Аналитические методы расчёта:
  - Методы решения СЛАУ (число компонентов металлозавалки должно соответствовать  $N-1$  количеству элементов химического состава сплава)
  - Симплексный метод решения (обеспечивает минимизацию целевой функции стоимости металлозавалки по заданным начальным условиям: химическому составу сплава и компонентов шихты, угару элементов сплава, содержание возврата)
- Численные (приближенные) методы расчёта (требуют значительных вычислительных ресурсов при условии обеспечения приемлемой точности расчётов для многокомпонентных сплавов и большого набора исходных компонентов шихты ( $N > 5$ ))

# МЕТОД ПРЯМОГО ПЕРЕБОРА ВОЗМОЖНЫХ РЕШЕНИЙ

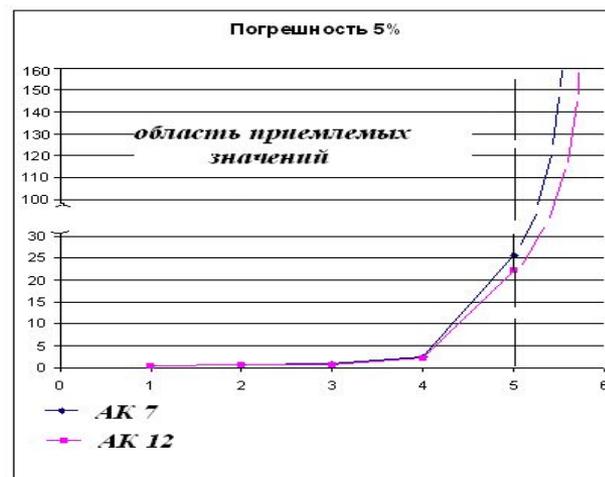
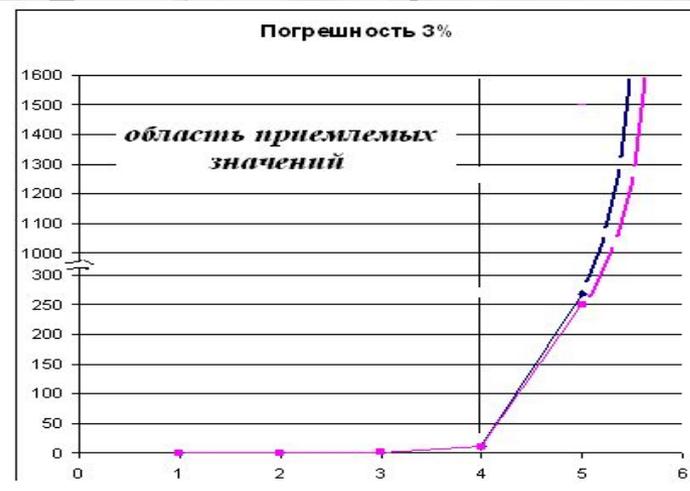
- При увеличении количества расчетных компонентов шихты ( $n > 5$ ) и точности (погрешность ниже 5%) длительность расчета возрастает в геометрической прогрессии и является неприемлемой

Для сплава АК12 и 10  
выбранными компонентами:

Точность 25% -- 2 мин.

10% -- 17 мин.

5% -- 123 дня.



# ИМЕЮЩИЙСЯ ЗАДЕЛ: ВВОД НАЧАЛЬНЫХ ДАННЫХ

MainForm

Группы сплавов

### Список доступных компонентов

Компонент шихты	Цена
<input type="checkbox"/> Алюминий первичный А0	2100
<input checked="" type="checkbox"/> Алюминий первичный А6	1950
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Cu	2370
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Mg	2180
<input checked="" type="checkbox"/> Лигатура Al-Mn	2190
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Ni	3160
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Si	1950
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Ti	3420
<input checked="" type="checkbox"/> Лом алюминиевых сплавов	1000
<input type="checkbox"/> Лом магниевых сплавов	1300
<input type="checkbox"/> Магний	2270
<input type="checkbox"/> Силумин в чушках СИЛ-1	1900
<input type="checkbox"/> Стружка алюминиевых спла...	220

### Требуемый сплав

AK12

Масса плавки, т

50

Поиск решения

Задать угар элементов

Режим редактирования

# ВВОД НАЧАЛЬНЫХ ДАННЫХ

- Ввод начальных данных осуществляется выбором требуемого литейного сплава, массы металлозавалки, а так же компонентов шихтовых материалов имеющихся в наличии
- Одновременно задаётся угар химических элементов, характерный для данной плавильной установки



# ИМЕЮЩИЙСЯ ЗАДЕЛ: ПАНЕЛЬ ВЫБОРА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Отображаемые элементы

H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P
S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh
Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd
Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re
Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	Ac	Th
Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf	Db
Sg	Bh	Hs	Mt											

Отмена

Сохранить

Отображать все элементы

Не отображать элементов

Скрыть элементы, доля которых равна нулю

Предназначена для определения химического  
состава получаемого сплава и компонентов шихты

# РЕДАКТИРОВАНИЕ СПЛАВА И КОМПОНЕНТОВ ШИХТЫ

Редактирование сплава

Mg 0 0,1 Al 89,99 84,11 Si 10 13

Ti 0 0,1

Mn 0,01 0,5 Fe 0 1,5 Ni 0 0,1 Cu 0 0,6

Название сплава  
AK12

Сумма долей элементов min max  
100 100

Рассчитать остаток

Алюминий

Сохранить Отмена

- Редактирование сплавов и компонентов шихты осуществляется с помощью соответствующих редакторских окон
  - В редакторе задаются название сплава (компонента) и процентное содержания элементов в сплаве и шихте
    - Для правильности расчёта в редакторе предусмотрен вывод суммы элементов сплава (компонента), а так же расчёт остатка для основного элемента



# ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТА

- **Окончательный результат представляет собой вывод данных по рассчитанному составу шихтовых материалов с учётом угара, общей массы металлозавалки а также конечный состав сплава с учётом ограничения по примесям и оптимальная стоимость металлозавалки**
- **Имеется возможность передачи результата в текстовый редактор для последующего редактирования и распечатки данных**



# ИМЕЮЩИЙСЯ ЗАДЕЛ: БАЗА ДАННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Название сплава		Mg	Al	Si	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu
AK10Cu	мин	0,1	90,56	9	0	0,3	0	0	0
	макс	0,5	84,25	11	0,15	0,6	1,2	0,5	1,8
AK12	мин	0	89,99	10	0	0,01	0	0	0
	макс	0,1	84,11	13	0,1	0,5	1,5	0,1	0,6
AK12M2	мин	0	86,6	11	0	0	0,6	0	1,8
	макс	0,15	82,35	13	0,2	0,5	1	0,3	2,5
AK13	мин	0,1	88,9	11	0	0	0	0	0
	макс	0,2	84,7	13,5	0,2	0,1	1,1	0,1	0,1
AMr7	мин	6	93,25	0,5	0	0,25	0	0	0
	макс	8	89,2	1	0,1	0,6	0,9	0,1	0,1
AMr11	мин	10,5	88,65	0,8	0,05	0	0	0	0
	макс	13	84,85	1,2	0,15	0,1	0,5	0,1	0,1
AMr10ч	мин	9,5	90,45	0	0,05	0	0	0	0

Редактировать компоненты шихты

Редактировать сплавы

AK10Cu, минимум

# ИМЕЮЩИЙСЯ ЗАДЕЛ: БАЗА ДАННЫХ КОМПОНЕНТОВ ШИХТЫ

Название компонента	Mg	Al	Si	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Цена
▶ Алюминий первичный А0	0	98,96	0,5	0,02	0	0,5	0	0,02	2100
Алюминий первичный А6	0	99,44	0,18	0,12	0	0,25	0	0,01	1950
Лигатура Al-Cu	0	49,6	0,1	0	0	0,3	0	50	2370
Лигатура Al-Mg	30	65,5	0,2	0	0	0,3	0	0	2180
Лигатура Al-Mn	0	89,6	0,1	0	10	0,3	0	0	2190
Лигатура Al-Ni	0	89,7	0,1	0	0	0,2	10	0	3160
Лигатура Al-Si	0	79,8	20	0	0	0,2	0	0	1950
Лигатура Al-Ti	0	94,7	0	5	0	0,3	0	0	3420
Лом алюминиевых сплавов	1	93,4	0,3	0	0,6	0,4	0	4,3	1000
Лом магниевых сплавов	92,3	7	0,25	0	0,3	0,05	0	0,1	1300
Магний	100	0	0	0	0	0	0	0	2270
Силумин в чушках СИЛ-1	0	86,9	12	0,13	0,45	0,5	0	0,02	1900
Стружка алюминиевых сплавов	0,2	90,3	8,5	0	0,3	0,7	0	0	220

[Редактировать компоненты шихты](#)
[Редактировать сплавы](#)

Алюминий первичный А0

# ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМЫ РАСЧЁТА МЕТАЛЛОЗАВАЛКИ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

- Универсальность системы:
- возможность работы с неограниченным ( $n > 1000$ ) количеством компонентов шихты
- возможность проведения расчета для многокомпонентных сплавов (количество химических элементов неограниченно)
- интеграция с базами данных химических составов любых промышленных сплавов (черных, цветных)

MainForm

Группы сплавов

**Список доступных компонентов**

Компонент шихты	Цена
<input type="checkbox"/> Алюминий первичный А0	2100
<input checked="" type="checkbox"/> Алюминий первичный А6	1950
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Cu	2370
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Mg	2180
<input checked="" type="checkbox"/> Лигатура Al-Mn	2190
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Ni	3160
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Si	1950
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Ti	3420
<input checked="" type="checkbox"/> Лом алюминиевых сплавов	1000
<input type="checkbox"/> Лом магниевых сплавов	1300
<input type="checkbox"/> Магний	2270
<input type="checkbox"/> Силумин в чушках СИЛ-1	1900
<input type="checkbox"/> Стружка алюминиевых спла...	220

**Требуемый сплав**

AK12

Масса плавки, т

50

Поиск решения

EditForm

Название сплава		Mg	Al	Si	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu
AK10Cu	мин	0.1	90.56	9	0	0.3	0	0	0
	макс	0.5	84.25	11	0.15	0.6	1.2	0.5	1.8
AK12	мин	0	89.99	10	0	0.01	0	0	0
	макс	0.1	84.11	13	0.1	0.5	1.5	0.1	0.6
AK12M2	мин	0	86.6	11	0	0	0.6	0	1.8
	макс	0.15	82.35	13	0.2	0.5	1	0.3	2.5
AK13	мин	0.1	88.9	11	0	0	0	0	0
	макс	0.2	84.7	13.5	0.2	0.1	1.1	0.1	0.1
AMr7	мин	6	93.25	0.5	0	0.25	0	0	0
	макс	8	89.2	1	0.1	0.6	0.9	0.1	0.1
AMr11	мин	10.5	88.65	0.8	0.05	0	0	0	0
	макс	13	84.85	1.2	0.15	0.1	0.5	0.1	0.1
AMr10ч	мин	9.5	90.45	0	0.05	0	0	0	0

Редактировать компоненты шихты

Редактировать сплавы

AK10Cu, минимум

# ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМЫ РАСЧЁТА МЕТАЛЛОЗАВАЛКИ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

- **Открытость системы:**
- возможность создания подключения и редактирования собственных баз данных (составов сплавов, компонентов шихты)
- возможность удобной передачи данных в офисные приложения
- Легкость в использовании (для неспециалистов в области ПО)

MainForm

Группы сплавов

**Список доступных компонентов**

Компонент шихты	Цена
<input type="checkbox"/> Алюминий первичный А0	2100
<input checked="" type="checkbox"/> Алюминий первичный А6	1950
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Cu	2370
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Mg	2180
<input checked="" type="checkbox"/> Лигатура Al-Mn	2190
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Ni	3160
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Si	1950
<input type="checkbox"/> Лигатура Al-Ti	3420
<input checked="" type="checkbox"/> Лом алюминиевых сплавов	1000
<input type="checkbox"/> Лом магниевых сплавов	1300
<input type="checkbox"/> Магний	2270
<input type="checkbox"/> Силумин в чушках СИЛ-1	1900
<input type="checkbox"/> Стружка алюминиевых спла...	220

Требуемый сплав  
AK12

Масса плавки, т  
50

Поиск решения

EditForm

Название сплава		Mg	Al	Si	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu
AK10Cu	мин	0,1	90,56	9	0	0,3	0	0	0
	макс	0,5	84,25	11	0,15	0,6	1,2	0,5	1,8
AK12	мин	0	89,99	10	0	0,01	0	0	0
	макс	0,1	84,11	13	0,1	0,5	1,5	0,1	0,6
AK12M2	мин	0	86,6	11	0	0	0,6	0	1,8
	макс	0,15	82,35	13	0,2	0,5	1	0,3	2,5
AK13	мин	0,1	88,9	11	0	0	0	0	0
	макс	0,2	84,7	13,5	0,2	0,1	1,1	0,1	0,1
AMr7	мин	6	93,25	0,5	0	0,25	0	0	0
	макс	8	89,2	1	0,1	0,6	0,9	0,1	0,1
AMr11	мин	10,5	88,65	0,8	0,05	0	0	0	0
	макс	13	84,85	1,2	0,15	0,1	0,5	0,1	0,1
AMr10ч	мин	9,5	90,45	0	0,05	0	0	0	0

Редактировать компоненты шихты

Редактировать сплавы

AK10Cu, минимум

# ПРОГРАММА РАСЧЁТА МЕТАЛЛОЗАВАЛКИ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ

---

**Инновационное республиканское  
унитарное предприятие “ Научно –  
технологический парк БНТУ “Метолит”**

**Студенческая НИЛ информационных  
технологий**