

**Лабораторная работа №4 по системному анализу на тему  
«Принятие решения при нескольких существующих вариантах с  
использованием функции цели и кривых равной полезности».**

Для выбора варианта решения с конкретными значениями решающих переменных необходимо преобразовать векторное описание системы со многими показателями в скалярное. Скалярное описание системы, которое используется для принятия решения, называется *целевой функцией* ( $\Gamma$ ) или *функцией цели*. Существует много способов, с помощью которых показатели рабочих характеристик системы могут быть объединены в одну целевую функцию. Например, ее можно представить в виде:

$$\Gamma = WU = \sum_{i=1}^n w_i u_i = w_1 u_1 + w_2 u_2 + w_3 u_3 + \dots + w_n u_n, \quad (1)$$

где  $U$  и  $u$  – оценки полезности, связанные, соответственно, со всей системой и  $i$ -тым показателем, а  $W$  и  $w$  – постоянные весовые множители, относящиеся соответственно к  $U$  и  $u$ .

Как видно, функция  $\Gamma$  является скалярным произведением вектора  $W$  на вектор  $U$ . Предполагается, согласно данной формуле, что полная полезность системы  $\Gamma$  может быть представлена в виде линейной суммы взвешенных оценок полезности отдельных рабочих характеристик.

Определение весовых множителей (относительной значимости показателей) производится таким образом, что сначала все показатели располагаются в ряд в предполагаемом порядке уменьшения их важности, затем проводится попарное сравнение соседних показателей и решается вопрос об их относительной значимости. Например, если в исследуемой системе финансовые затраты, время и безопасность по важности занимают, соответственно, 1-ое, 2-ое и 3-е места, а их весовые множители  $w_1$ ,  $w_2$  и  $w_3$  соотносятся попарно как  $w_1/w_2 = 1,5$  и  $w_2/w_3 = 1,2$ , то эти множители могут быть вычислены из условия нормировки:

$$\sum w_i = 1.$$

Тогда, получим  $w_1 = 0,45$ ,  $w_2 = 0,30$  и  $w_3 = 0,25$ .

Наряду с методом выбора варианта решения путем использования рассмотренного выше способа объединения показателей системы уравнением (1), существует метод, основанный на фиксации всех входных переменных, кроме одной, с дальнейшей оптимизацией целевой функции по переменной, которая осталась незафиксированной.

Целевую функцию можно также получить, если использовать понятие «соотношение эквивалентности показателей». Формула (1) соответствует частному случаю, когда эквивалентность не зависит от оценок полезности и поэтому целевая функция является линейной функцией. Если  $u_i$  изменяется по отношению изменению  $u_j$  пропорционально отношению весовых множителей ( $w_j/w_i$ ), то в соответствии с формулой (1) целевая функция  $\Gamma$  остается неизменной.

Для принятия решений существует метод кривых равной полезности. Он схематически представлен на рис. 1. В этом случае одинаковая предпочтительность требует больших приращений эффективности для данного приращения стоимости при увеличении последней. Этот метод, если речь идет о максимуме полезности, более адекватен. Для линий, приведенных на рисунке, точка *B* соответствует максимуму полезности.

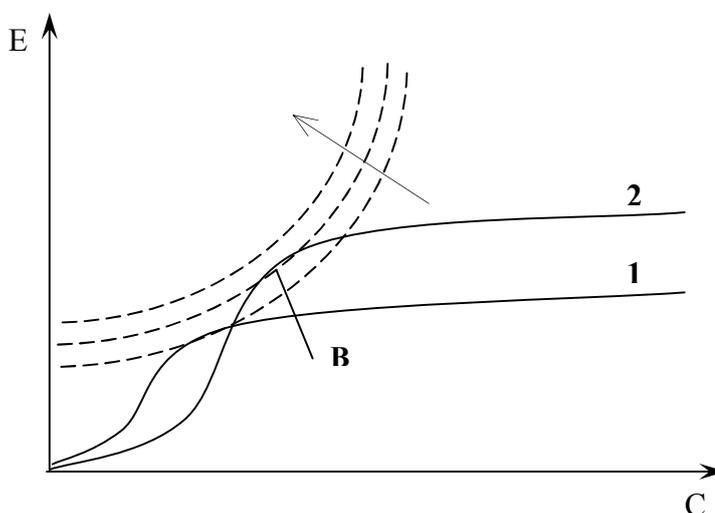


Рис. 1. Схема использования кривых одинаковой полезности для выбора решения. Стрелкой показано направление наиболее значительного прироста полезности

Таким образом, существует несколько вариантов принятия решений.

### Условие неопределённости для задания.

Даны три системы очистки отходящих газов абсорбционная, адсорбционная и термокаталитическая, характеризующиеся параметрами:

1. Степень очистки (чем выше – тем лучше).
2. Дешевизна абсорбента и адсорбента (чем дешевле – тем лучше).
3. Стоимость регенерации абсорбента и адсорбента (чем дешевле – тем лучше).
4. Возможность использования уловленного вещества (чем больше уловленного вещества возможно использовать – тем лучше).
5. Простота обслуживания (чем проще – тем лучше).
6. Энергоёмкость (чем больше энергоёмкость – тем хуже).
7. Материалоёмкость (чем больше материала – тем хуже).
8. Надёжность работы (чем надежнее - тем лучше)
9. Наличие отходов в результате очистки и сложность их переработки (чем больше отходов – тем хуже)

Имеется газоздушный выброс, содержащий аммиак в концентрации 20 мг/м<sup>3</sup>. Расход отходящих газов равен 8 тыс. м<sup>3</sup> в сутки. Необходимо выбрать систему очистки для данного газоздушного выброса из трёх вариантов: адсорбционная с поглощением аммиака активированным углём; абсорбционная с поглощением аммиака водным раствором 0,01н соляной кислоты; термокаталитическое

обезвреживание с использованием рутениевого катализатора, нанесённого на пористый никель. В случае применения адсорбционной очистки применяется регенерация адсорбента острым паром с концентрированием водного раствора аммиака. В случае абсорбционной очистки для отделения хлористого аммония и регенерации адсорбента применяется мембранная сепарация. В термokatалитической системе обезвреживания аммиак окисляется до азота и воды.

### Задание:

#### Часть 1 (по функции цели).

Расположить показатели, характеризующие системы очистки в порядке уменьшения их важности, обосновав свой выбор. Для каждого показателя установить значение весового множителя, используя попарное сравнение показателей. Проставить оценки полезности для каждого способа очистки, обосновав выбранное вами выставление оценок, и рассчитать целевую функцию. На основании расчета предложить оптимальный вариант очистки.

#### Часть 2 (по функции желательности).

Выбрать оптимальную систему очистки, используя метод равной полезности, используя показатели стоимость и ожидаемую эффективность (в данном случае эффективность очистки). Известно, что стоимость  $1 \text{ м}^3$  воды равна 1 у.е., количество воды, необходимой на подпитку в год –  $1000 \text{ м}^3$ . Стоимость 1 кг катализатора равна 42 у.е. Потребность в катализаторе – 0,1 кг на  $8000 \text{ м}^3$  (на суточный расход), в году 250 рабочих дней. Стоимость активированного угля – 5 у.е./кг. Потребность в угле – 180 кг в год. Капитальные затраты для каталитической системы очистки равны 5500 у.е., абсорбционной – 6000 у.е, адсорбционной – 5000 у.е. Известно, что для увеличения степени очистки на 1% в диапазоне от 90% до 95% расход угля, воды, катализатора увеличивается на 10% на каждый процент очистки; в диапазоне очистки от 95% до 98% - на 20% на каждый процент очистки; и на 50% при увеличении очистки от 98% до 99%. А капитальные затраты для всех трёх вариантов очистки растут на 2% при увеличении степени очистки на 1%. Построить для всех трёх вариантов очистки кривые зависимости эффективности от стоимости для точек 90, 93, 95, 97, 99% очистки. Для графика провести кривые равной полезности и определить оптимальный вариант очистки. Для кривых провести линии тренда и рассчитать уравнения зависимостей с использованием Excel. Определить по уравнениям насколько снизятся затраты при очистке со степенью 50% по сравнению с 90%-ной очисткой.

Результаты оформить в виде таблицы вида:

Системы очистки	Степень очистки 90%	Степень очистки 93%	Степень очистки 95%	Степень очистки 97%	Степень очистки 99%
Адсорбционная					
Уголь	180 кг	900			
Кап. вложения		5000			
Итого затрат		5900			

Абсорбционная										
Вода	1000 м.куб	1000								
Кап. вложения		6000								
Итого		7000								
Каталитическая										
Катализатор	25 кг	1050								
Кап. вложения		5500								
Итого		6550								

По полученным ценам построить график зависимости эффективности очистки от стоимости.

Сравнить выбор варианта с использованием функции цели, кривых равной полезности и расчета уравнений.