

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОНКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Лекция 8

Компоновка оборудования производств

Взаимно скоординированное расположение элементов технической системы в пространстве

Отличие **компоновки** от **размещения** заключается в том, что элементы и подсистемы нужно не просто разместить в рабочем пространстве, но обязательно так, чтобы было достигнуто максимально функциональное, рациональное, расположение оборудования.

Важно: любая техническая система суть система “человек-машина”

Характер действия человека в производствах ТОС

- Осуществление не только производственного процесса, но также монтажа, технического обслуживания, ремонта и демонтажа оборудования;
- Необходимость получать, воспринимать, оценивать и использовать информацию.
- Необходимость одновременно с интеллектуальной деятельностью осуществлять физические действия

Поведение и трудовая деятельность человека в технических системах являются предметом важной отрасли современной науки о Человеке - **Инженерной психологии.**

Свойства и количественное измерение информации

Имеется ситуация, в которой возможно много исходов - один из них нас интересует: является решением задачи

Количественной основой информации является **энтропия**. Энтропия - количественная мера занятия системой всех возможных состояний.

$$I = F(P_I/P_O) = S_O(A) - S_I(A)$$

Свойства и количественное измерение информации

$$S_0(A) = -\log_2 p_0,$$

$$S_I(A) = -\sum_{i=1}^M p^* \log_2 p^*$$

$$I = -\log_2 p_0 + \sum_{i=1}^M p^* \log_2 p^*$$



Бит - это количество информации, соответствующее простейшей ситуации типа “да-нет”

Ценность информации

Ценность информации - количественная мера снижения неопределённости в способах действия

Ценность технологической информации изменяется в порядке убывания в такой последовательности:

- Аварийные сигналы.
- Тревожные (предаварийные) сигналы.
- Информация о качестве продукции.
- Информация об эффективности отдельных стадий и всего производства в целом: выходы продуктов, расход ресурсов, отходы и потери.
- Отклонение значений важнейших для эффективности процесса технологических параметров от технологических норм.
- Отклонение значений прочих технологических параметров от технологических норм.
- Значения важнейших для эффективности процесса технологических параметров в пределах технологических норм.
- Значения прочих технологических параметров в пределах технологических норм.

Скорость восприятия информации

Действие	Нагрузка
Считывание показаний аналогового прибора	(2...4) бит/параметр
Считывание показаний цифрового прибора	(1...3) бит/параметр
Загрузка сыпучего сырья вручную без дозирования	(1...4) бит/с
Дозировка сыпучего сырья вручную	(2...7) бит/с
Загрузка жидкого сырья без дозирования с ручным управлением арматурой	(0,1...2) бит/с
Дозировка жидкого сырья с ручным управлением арматурой	(1...10) бит/с
Осмотр и подготовка оборудования к работе	(1...10) бит/с

Время реакции и точность действия

Время реакции - важнейший показатель “быстродействия” человека. Величина его зависит от количества воспринятой информации и интенсивности раздражения, причём противоположным образом.

1. Количество воспринятой информации.

$$BP = BP_0 + A(I_{ц}) I,$$

где $BP_0 = (0,08...1,0)$ с - минимальное (латентное) время реакции;

I - воспринятая информация, бит;

$A(I_{ц}) = (0,2...1)$ с/бит - угловой коэффициент, уменьшающийся с ростом ценности информации.

При средней информационной нагрузке порядка 10 бит время реакции будет колебаться от (3...5) секунд для **наиболее** до (25...45) секунд для **наименее** важных сигналов.

2. Скорость и точность действия.

Скорость действия обычно характеризуют необходимым временем, которое складывается из времени реакции BP и времени действия $ВД$.

$$T = BP + ВД.$$

Значения ВД для некоторых операций

Действие	Значения ВД, с
Движение рукой с нажатием кнопки, тумблера	0,5...1,0
Движение рукой с переключением крана, позиционера, рукоятки	1,0...3,0
Движение рукой с переключением вентиля, задвижки	1,0...20
Поступательное перемещение по фронту 5 м	2...5
Поступательное перемещение по фронту (10...20) м	4...20
Поступательно-вращательное перемещение по фронту 5 м	1...3
Поступательно-вращательное перемещение по фронту (10...20) м	2...6
Подъём (спуск) по лестнице на площадку высотой 2 м	2...5
Подъём (спуск) по вертикальному трапу на площадку высотой 5 м	5..10

Основы рациональной компоновки оборудования

Зона обслуживания: область пространства (в помещении или открытого), в которой выполняются все работы с оборудованием - монтаж, эксплуатация, обслуживание, ремонт, демонтаж.

Рабочая зона: часть зоны обслуживания, в которой выполняются действия по ведению технологического процесса.

Иерархия рабочих зон

1. Технологическая единица – ТЕ

Конкретный аппарат (сосуд, машина), подключённый к сетям и технологическим коммуникациям; со всеми средствами КИПСА и арматурой.

2. Технологический агрегат – ТА

В соответствии с ОСТ 64-02-003-2002 так называется совокупность оборудования, в котором осуществляется одна законченная технологическая операция.

Сюда входят: основные аппараты и машины; мерники и сборники; насосы, газодувки, транспортёры; рабочие столы и хранилища. Рабочая зона ТК является совокупностью зон ТЕ, включённых в него.

3. Технологическая установка – ТУ

В соответствии с ОСТ 64-02-003-2002 так называется совокупность оборудования, в котором осуществляется одна законченная стадия производства. Сюда входит всё оборудование операций, составляющих данную стадию. Рабочая зона ТУ является совокупностью зон ТК.

4. Технологическая линия – ТЛ

Совокупность оборудования, в котором осуществляется целиком производство одного продукта. Сюда входит всё оборудование стадий, составляющих данную стадию. Рабочая зона ТЛ является совокупностью зон ТУ.

Общие рекомендации по компоновке оборудования

- Компоновка в целом должна обеспечивать **минимум** передвижений человека в рабочей зоне при максимальной возможности визуального и слухового контроля.
- Компоновка должна обеспечивать **максимальную возможность синхронного контроля процесса и выполнения трудовых операций**, особенно на уровне зон ТЕ и ТК.

Т.е., необходимо, чтобы можно было, наблюдая за индикаторами КИПСА, управлять арматурой, загружать сырьё, отбирать пробы и т.д.

- Необходимо рационально сочетать поступательные (фронтальные) и поступательно-вращательные (по дуге или ломаной линии) перемещения, что значительно сокращает время действия ВД.
- Нормальный режим работы нужно строить по средней информационной и физической нагрузке в пределах (20...50)% от максимума.

Т.е., для каждого рабочего места:

- скорость восприятия информации (8...20) бит/с [(1...2,5) б/с];
- физическая нагрузка до 400 кДж/ч.
- Максимальная информационная нагрузка - (30...40) бит/с [(4...5) б/с]; поскольку избыточную информацию человек просто не воспримет.
- Индикаторы КИПСА как при ручном, так и при автоматизированном управлении процессом нужно размещать в секторе нормального обзора с учётом того, что наблюдение производится с расстояния (1...4) м от приборов
- Органы ручного управления процессом (арматура, рычаги, механические переключатели, пусковая электроаппаратура) следует размещать в соответствии с удобным положением рук (рис.2): на уровне пояса - (1000... 1200) мм; или на уровне головы- (1600... 1900) мм.
- Общая компоновка должна обеспечивать необходимое время управления, складывается из времени реакции ВР и времени действия ВД, в пределах:

$$T = ВР + ВД < 1 \text{ мин.}$$

Это вытекает из условий оперативности действий в аварийных ситуациях.

Подобные требования, хотя и неявно сформулированные, содержатся в “Конвенции по валидации установок” правил GMP.

Компоновка рабочих зон

УРОВЕНЬ ТЕ

Основные аспекты компоновки:

- привязка в плане и по высоте к несущим конструкциям
- размещение индикаторов местных КИПСА и органов управления.
- Зону загрузки-выгрузки следует располагать на высоте пояса от пола, монтажной или технологической площадки - (1000...1200) мм.
- Индикаторы местных КИПСА - на высоте (1500...1600) мм. Органы ручного управления: желательно - на уровне зоны загрузки-выгрузки; при невозможности - также на верхнем уровне - (1600...1900) мм.

Компоновка рабочих зон

УРОВЕНЬ ТА.

Компоновка по высоте.

Оборудование может быть размещено по высоте на одном - двух - трёх уровнях. Колонные крупногабаритные аппараты требуют и большего числа уровней.

- **Верхний уровень** занимают обычно самотёчные мерники, конденсаторы и дефлегматоры выпарных и перегонных систем, парогазоулавливатели.
- **Средний уровень** занимает, как правило, основное реакционное, массообменное, дозировочное и сепарационное оборудование. Размещают его обычно на монтажной площадке или с провисанием сквозь неё.
- На **нижнем уровне** (пол; для первых этажей - также приямок) обычно следует располагать: фасовочное оборудование; хранилища оперативных запасов сырья, материалов, средств защиты и инструмента; сборники фильтратов и жидких отходов. Здесь пролегают пути доставки сырья и вывоза продуктов. Можно разместить сепарационное и сушильное оборудование.

Компоновка рабочих зон

УРОВЕНЬ ТА.

Компоновка в плане.

Основная задача - минимизация необходимых передвижений.

Схемы размещения оборудования:

1. **Фронтальная** - в одну линию.
2. **Дуговая** - по дуге или по отрезкам ломаной линии.
3. **Г-образная** - в виде буквы Г или под углом с равными сторонами.
4. **П-образная** - в виде буквы П.

Варианты нефронтального размещения оборудования позволяют использовать поступательно-вращательные передвижения и резко уменьшить ВД.

Замечание о расположении мерников. Основное требование при их размещении; **возможность чёткого наблюдения показаний уровнемера в фазах заполнения и опорожнения (особенно дозировки).** Мерники всегда следует располагать и по высоте и в плане возможно ближе к аппарату, куда идёт слив. Широко практикуемое подвешивание мерников на стеновые кронштейны в удалении от аппаратов очень удобно для монтажа, **но неверно эргономически**, т.к. неудобно в работе.

Компоновка рабочих зон

УРОВЕНЬ ТУ и ТЛ.

1. Формирование ТУ из ТК.

Расположение ТК по периметру нефронтальной зоны, так чтобы создать возможность единого контроля из её центра. В этом центре следует расположить рабочее место и местный щит управления.

При необходимости занимать центр большого помещения “островом”, в нём следует стремиться разместить целостный ТК, желательно первый и ли последний.

2. Формирование ТЛ из ТУ.

Создать единую зону ТЛ из нескольких ТУ в неавтоматизированных ХТС крайне сложно.

При расположении цепочки ТУ в одном помещении следует выделять (либо по центру, либо вдоль одной стены) единую **транспортно-технологическую зону**, свободную от основного оборудования. В этой зоне пролегают транспортные пути; располагаются Хранилища материалов, инструмента и средств защиты общего пользования, рабочие места для мелкого ремонта и обслуживания оборудования. В начале её (по ходу технологического процесса) размещаются хранилища оперативного запаса сырья; на выходе хранилища продукции.