

Структурные схемы системы автоматического управления (САУ) и регулирования (САР). Качество процесса управления. Переходные процессы. Типовые переходные характеристики. Устойчивость. Показатели качества управления, характеризующие точность регулирования, быстродействие, колебательность переходного процесса. Интегральные показатели качества регулирования. Типовые оптимальные процессы регулирования. Классификация объектов управления: одномерные и многомерные объекты, односвязные и многосвязные объекты, линейные и нелинейные объекты, объекты с распределенными и сосредоточенными параметрами.

Структурные схемы САУ

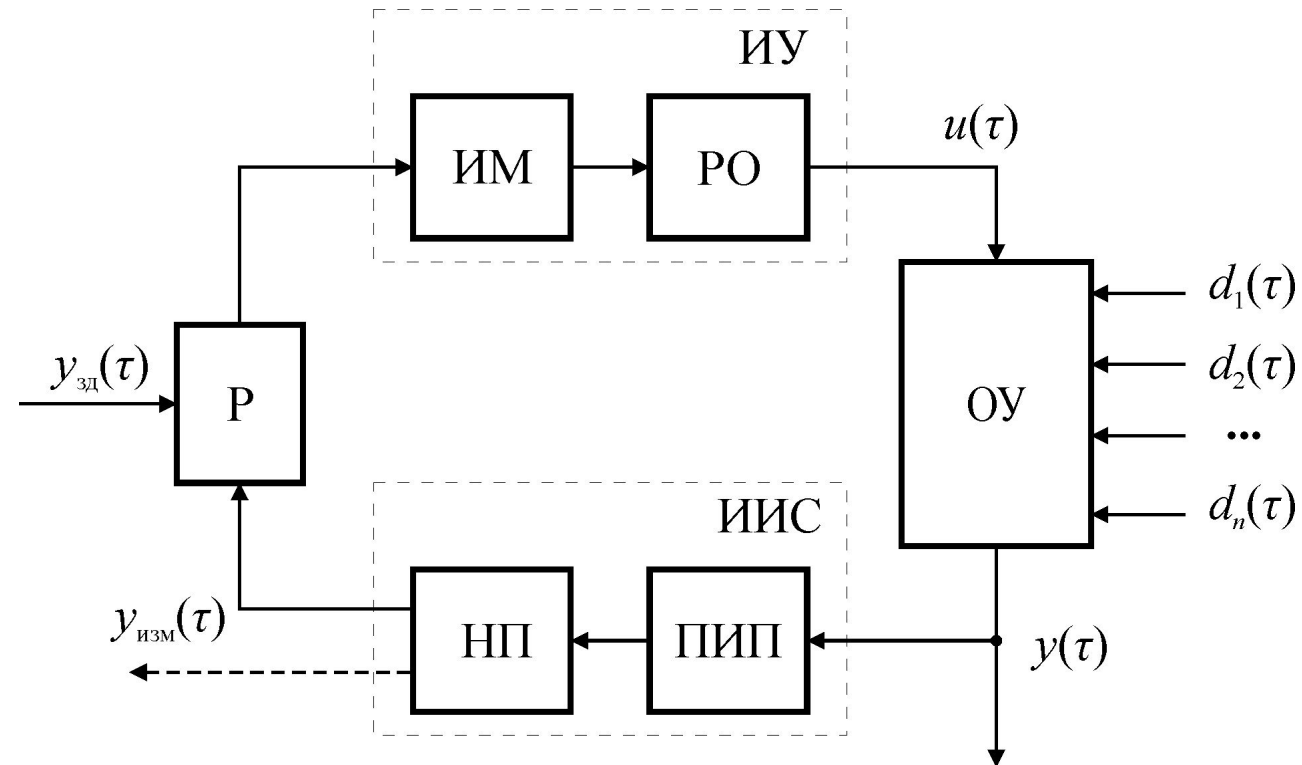
Различают следующие структуры САУ: алгоритмическая, функциональная и конструктивная.

Под *алгоритмической структурой САУ* понимают структуру, в которой каждая ее часть предназначена для выполнения определенного алгоритма преобразования входной величины, причем он является частью алгоритма функционирования всей САУ.

В *функциональной структуре САУ* каждая ее часть (элемент) выполняет какую-то вполне определенную функцию.

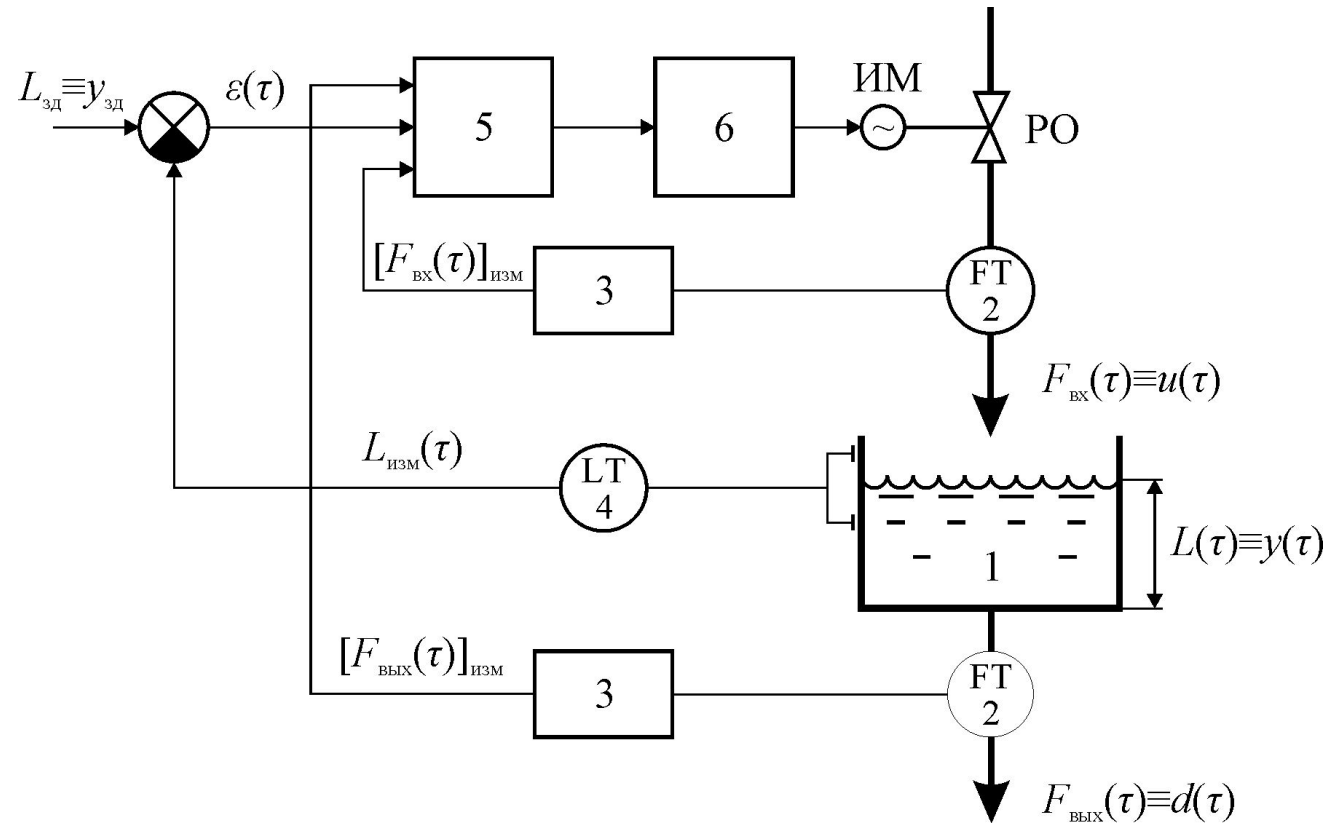
Структуру САУ, в которой ее части (элементы) представляют собой самостоятельные законченные конструкции, называют *конструктивной структурой САУ*.

Функциональная схема САУ



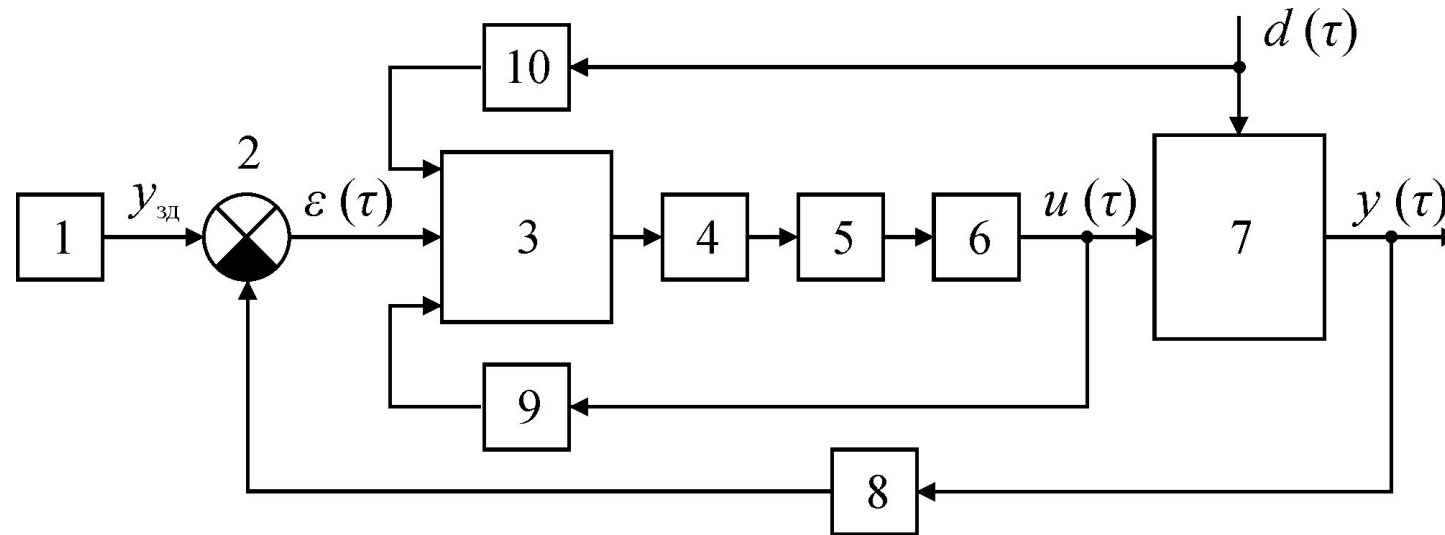
На рисунке: ПИП – первичный измерительный преобразователь, НП – нормирующий преобразователь, P – регулятор, ИМ – исполнительный механизм, РО – регулирующий орган, ОУ – объект управления, ИИС – информационно-измерительная система, ИУ – исполнительное устройство.

Схема САУ уровня жидкости в резервуаре



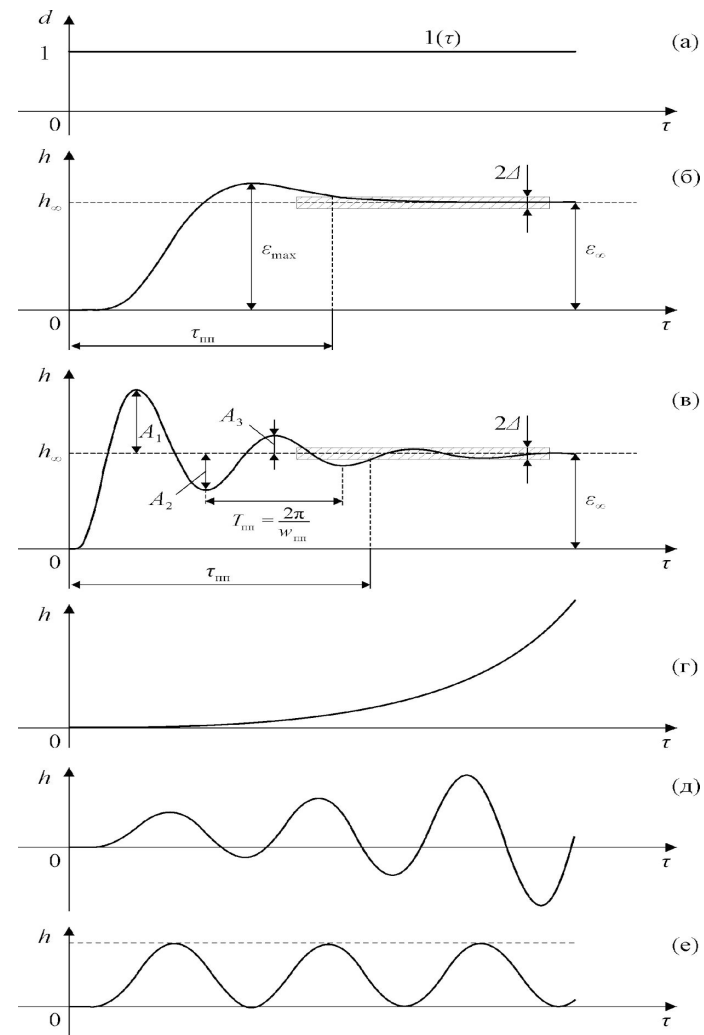
На рисунке: 1 – резервуар, 2 – измерители расхода, 3 – алгебраические блоки извлечения корня, 4 – уровнемер, 5 – регулятор, 6 – усилитель мощности.

Функциональная схема САУ уровня жидкости в резервуаре



На рисунке: 1 – задающее устройство, 2 – элемент сравнения, 3 – регулятор, 4 – усилитель мощности, 5 – электропривод, 6 – регулирующий орган, 7 – объект управления (резервуар), 8 – уровнемер, 9,10 – линейные расходомеры.

Возможный вид переходных характеристик системы регулирования



Устойчивость

- При синтезе системы управления ключевой проблемой является обеспечение ее устойчивости.
- При исследовании линейных систем пользуются двумя определениями.
- *Ограниченный вход — ограниченный выход*. Система считается устойчивой, если при ограниченном входном сигнале ее выходной сигнал также является ограниченным.
- *Устойчивость по начальным условиям*.
- Устойчивость определяют по поведению системы управления, выведенной из состояния равновесия и предоставленной самой себе после устранения этого воздействия.
- Система управления считается **устойчивой**, если она возвращается к *исходному* состоянию равновесия.
- *Неустойчивая* система удаляется от состояния равновесия или совершает вокруг него колебания с нарастающей амплитудой.
- Если же система приходит в *новое* установившееся состояние или совершает колебания с постоянной амплитудой, то говорят, что она находится *на границе устойчивости*.

Таким образом, под устойчивостью понимают способность системы вернуться в исходное равновесное состояние после устранения возмущающего воздействия, нарушившего ее равновесие

- Устойчивость является необходимым, но не достаточным условием пригодности систем управления.
- Качество систем управления оценивается также по их поведению в установившемся и переходном режимах с помощью количественных параметров, называемых *показателями качества*.
- Требования к системе управления, сформулированные в виде ее показателей качества, позволяют ответить на вопрос о том, насколько хорошо система выполняет задачу, ради которой она была спроектирована.

Показатели, характеризующие точность регулирования

- точность регулирования определяется разницей между заданным и текущим значением регулируемого параметра, т. е. **ошибкой (погрешностью) регулирования**:

$$\varepsilon(\tau) = y_{\text{зд}}(\tau) - y(\tau)$$

- Максимальная погрешность** ε_{max} — наибольшее отклонение управляемого параметра от его заданного значения в процессе управления после нанесения на объект управления возмущающего воздействия. Величину максимальной погрешности стремятся уменьшить до минимума.
- Статическая ошибка управления** ε_{∞} - разность между новым установившимся значением управляемого параметра и его заданным значением.

Показатели, характеризующие быстродействие

- **Время переходного процесса (время регулирования) $\tau_{пп}$** — это продолжительность переходного процесса, охватывающего временной интервал от момента нанесения возмущающего или управляющего воздействия до достижения управляемым параметром нового установившегося значения с заданной точностью:

$$|h(\tau) - h_{\infty}| \leq \Delta \forall \tau \geq \tau_{пп}$$

Время переходного процесса должно быть минимальным.

- **Время достижения первого максимума $\tau_{\max}$** в колебательном сходящемся процессе должно быть минимальным.

Показатели, характеризующие колебательность переходного процесса.

- **Степенью затухания** называют отношение разности двух соседних, направленных в одну сторону амплитуд, A_1 и A_2 к первой из них A_1

$$\Psi = [(A_1 - A_2) / A_1] 100\%$$

- **Перерегулирование** выражается как отношение амплитуд колебаний, направленных в разные стороны (например, второй амплитуды — направлена вниз, к первой — направлена вверх):

$$\sigma = (A_2 / A_1) 100\%$$

Перерегулирование также определяется выражением

$$\sigma = [(\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\infty}) / \varepsilon_{\infty}] 100\%$$

- **Логарифмический декремент затухания:**

$$\delta = \lg (A_1 / A_2).$$

- Колебательность системы можно охарактеризовать **числом колебаний** управляемой величины за время переходного процесса $t_{\text{пн}}$. Если в системе за время переходного процесса совершено число колебаний меньше заданного, то система имеет требуемое качество управления по колебательности.

Интегральные показатели качества регулирования

- Интеграл от Модуля Ошибки (ИМО) $ИМО = \int_0^{\infty} |\varepsilon(\tau)| d\tau$
- Интеграл от взвешенного по времени Модуля Ошибки (ИВМО): $ИВМО = \int_0^{\infty} \tau |\varepsilon(\tau)| d\tau$
-
- Интеграл от квадрата Ошибки (ИКО): $ИКО = \int_0^{\infty} \varepsilon^2(\tau) d\tau$

Оценка качества по ИВМО из рассматриваемых является одной из наилучших, поскольку с ее помощью проще всего находят минимальное значение интеграла при изменении параметров системы.

Показатели качества выбирают в зависимости от требований, предъявляемых к системе управления.

Типовые оптимальные переходные процессы регулирования

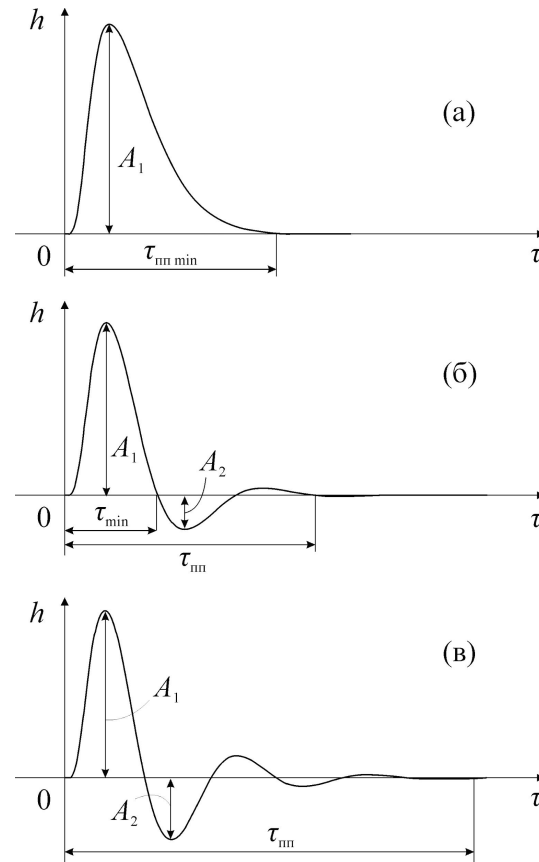
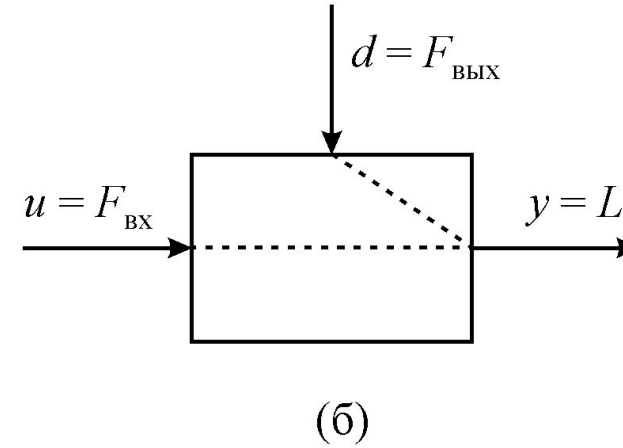
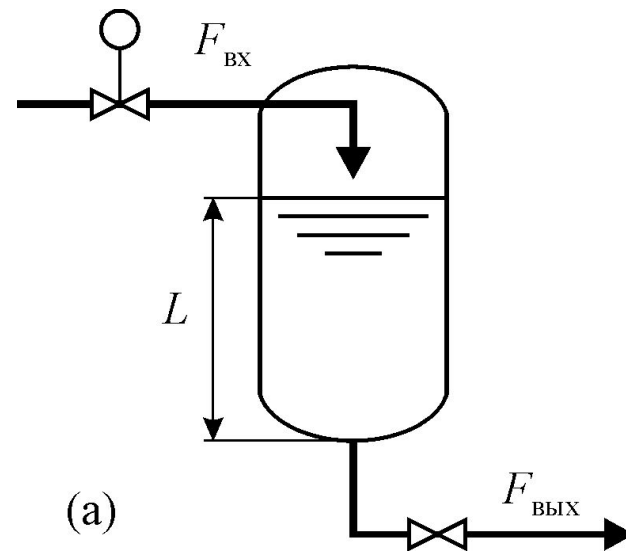
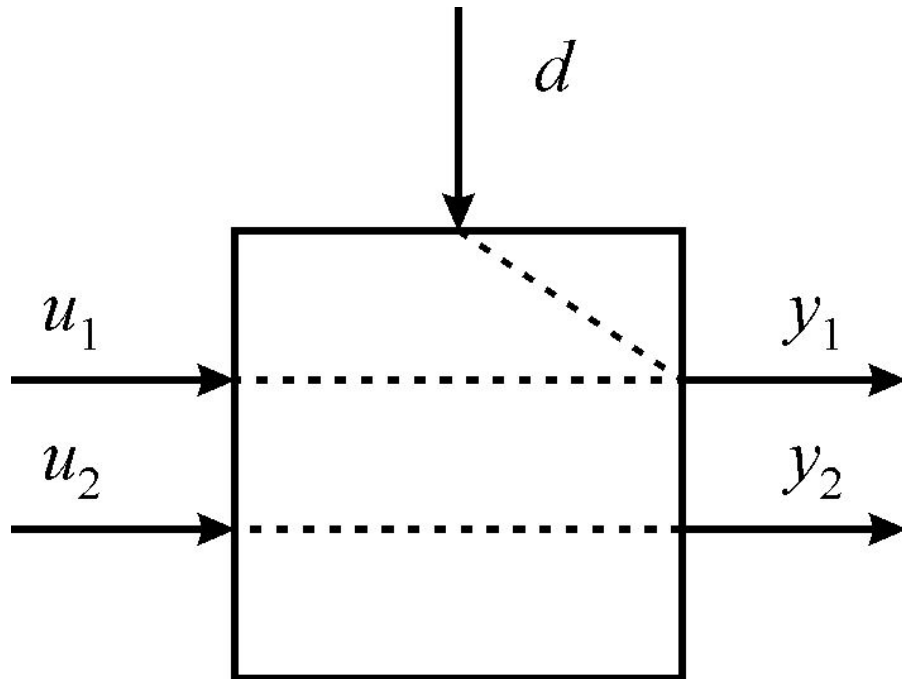


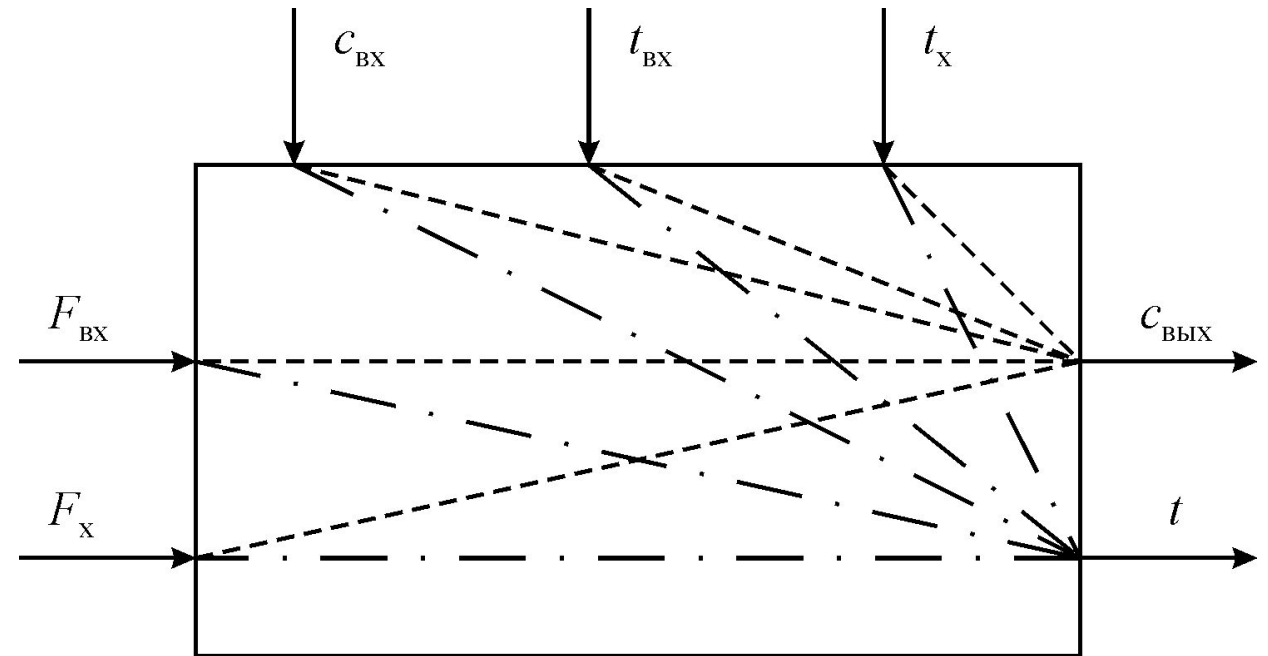
Схема резервуара для жидкости (а) и структурная схема динамических каналов резервуара (б)



Схемы динамических каналов



Многомерный односвязный объект



Многомерный многосвязный объект