

Автоматическое управление режимом работы микрогрид с привлечением регулируемых производственных потребителей

А.Л. Куликов, М.В. Шарыгин

Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева

sharygin.m.v@gmail.com

Управление нагрузкой промышленных потребителей

в нормальных режимах

Цель:
экономическое деформирование графика нагрузки.

В настоящее время применяется редко.

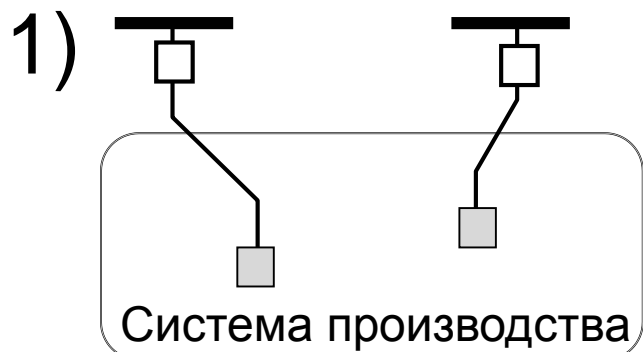
в предаварийных и аварийных режимах

Цель: для ликвидации дефицитов мощности:

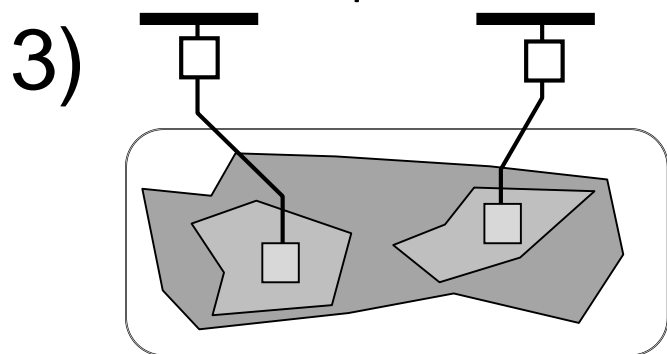
- автоматика (АОСЧ, САОН),
- графики отключения и ограничения электрической мощности.

Широкое применение.

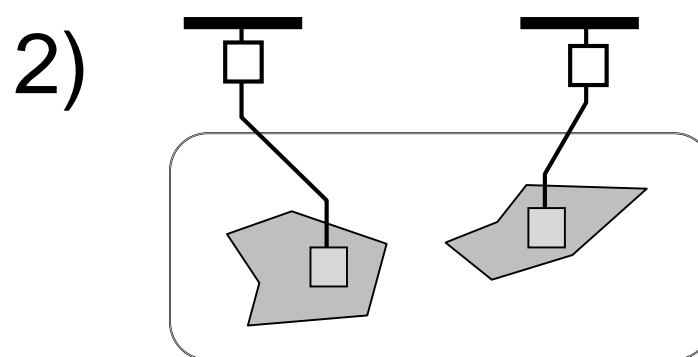
Последствия отключения промышленных потребителей – полный их останов



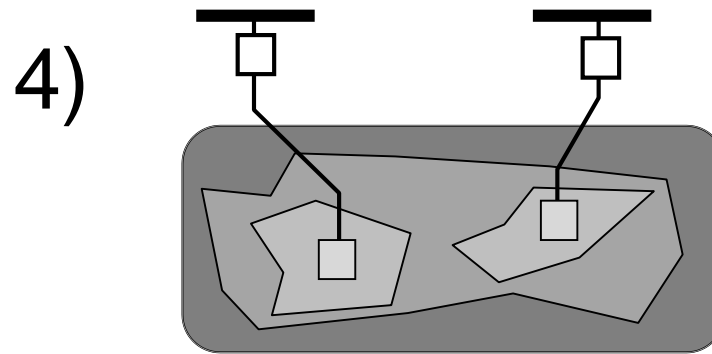
Время отключения $\tau_3 = 0,5$ часа:
остановлены только отключенные
агрегаты



Время отключения $\tau_3 = 3$ часа:
остановлена большая часть
производства



Время отключения $\tau_3 = 1$ час:
останавливаются смежные агрегаты



Время отключения $\tau_3 = 5$ часов:
останов всего производства

Причины неоптимальности управления нагрузкой промышленных потребителей

- противоаварийная автоматика и графики отключений и ограничений имеют значительную избыточность, инерционность из-за высокого риска неисполнения со стороны потребителей;
- организация и проведение отключений недостаточно автоматизированы;
- нет четких правил определения брони; не лимитирована длительность отключения; наличие мощности брони у потребителя все равно подразумевает полный останов производства даже при частичных отключениях;
- не определена ответственность за вероятные аварии у потребителей из-за отключений.

Неоптимальность считается допустимой из-за редкости системных аварий.

Резервы промышленных потребителей – прямой аналог резервов мощности ЭЭС

Резерв (склад) готовой продукции аналогичен заряженному накопителю электроэнергии, поскольку содержит количество электроэнергии, затраченное на производство хранящегося объема готовой продукции.

Кратковременные частичные отключения потребителей можно производить оптимально – без остановки выпуска продукции.

Преимущества: производственные резервы потребителей уже созданы, уже построены, имеют огромные совокупные объемы и могут быть оптимально использованы прямо сейчас.

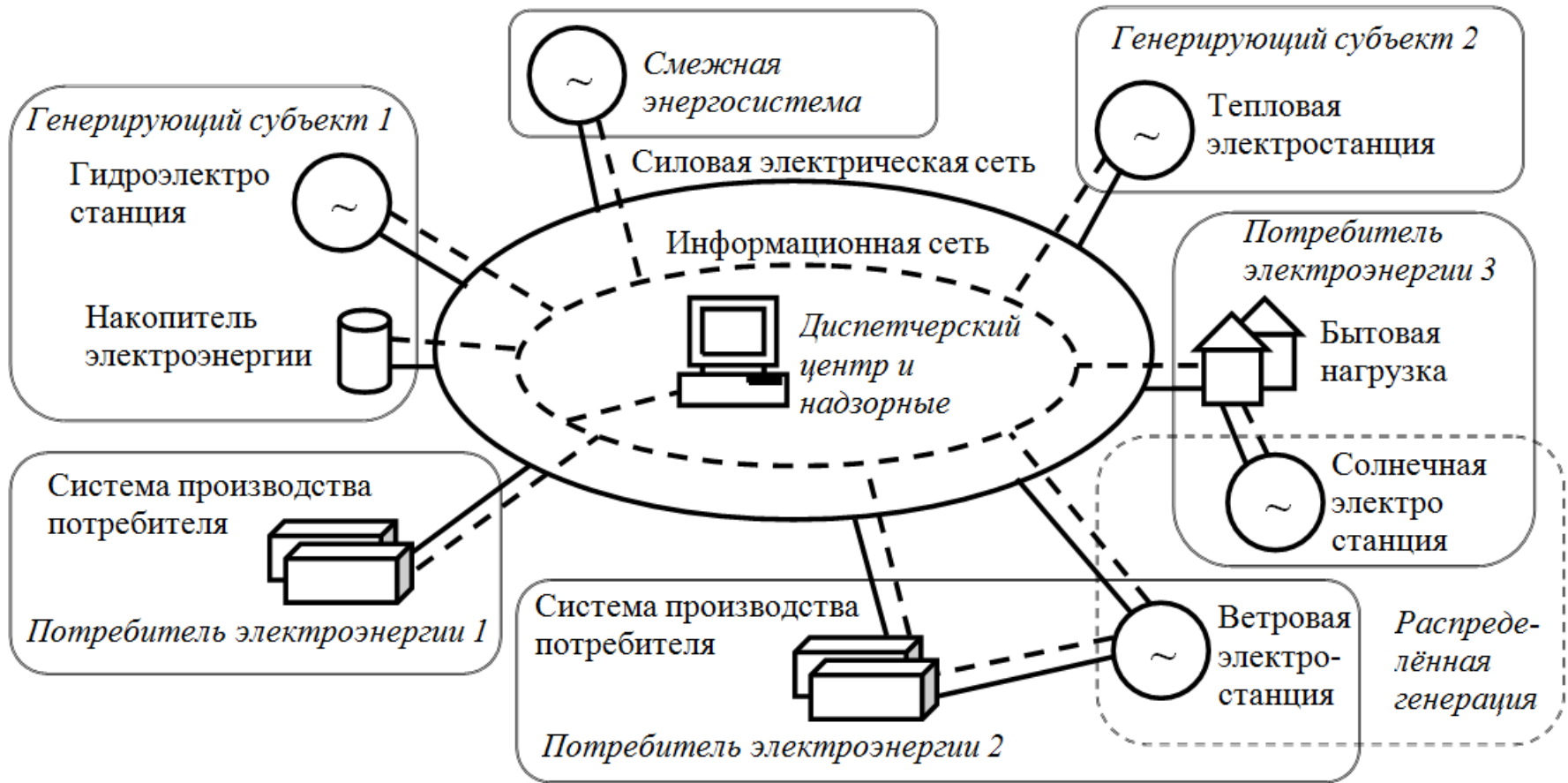
Потребители-регуляторы

«Потребители-регуляторы» для управления нагрузкой в нормальных режимах с целью выравнивания графика энергосистемы не получили должного развития в России в XX веке из-за:

- быстрого создания единой энергосистемы с достаточными резервами мощности;
- отсутствия технических средств для планирования, согласования и выполнения многочисленных синхронных изменений режима ЭЭС и производственных систем;
- особенности социалистического хозяйства СССР.

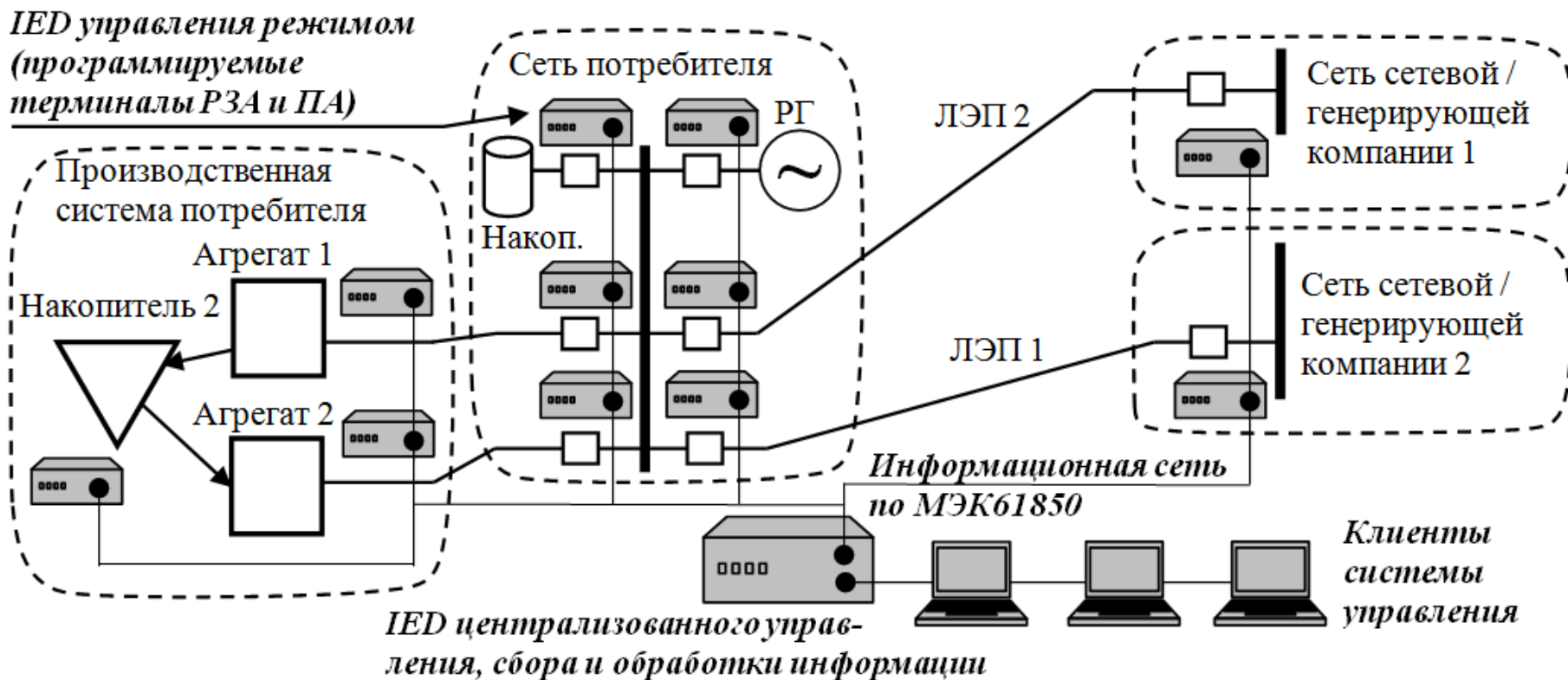
К настоящему времени накопленный опыт в значительной степени устарел.

Перспективные микроэнергосистемы с промышленными потребителями



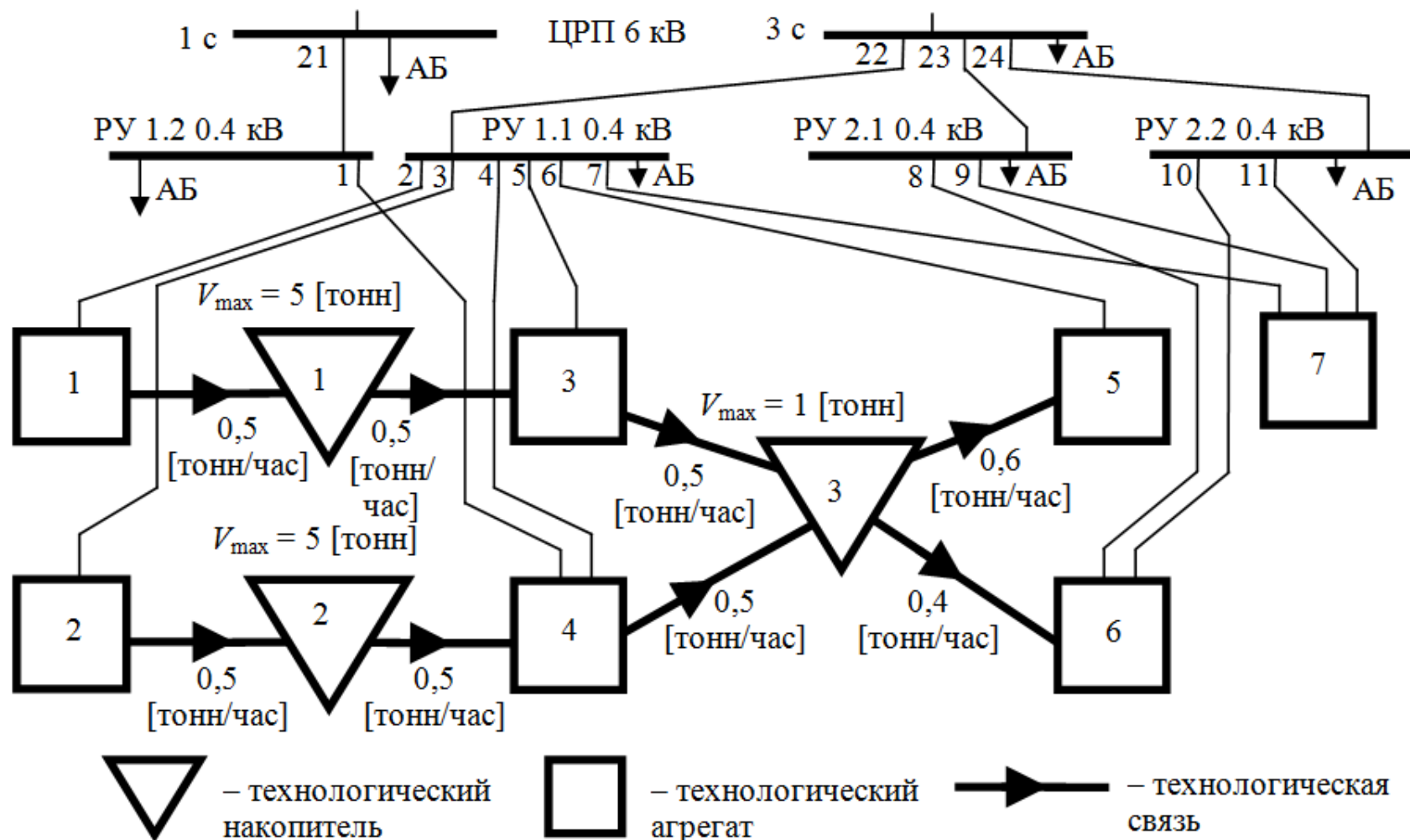
Локальные кратковременные дефициты мощности в микроэнергосистемах будут возникать практически ежедневно.

Архитектура системы управления режимом сети с использованием производственных резервов активных потребителей



Анализ производственной системы потребителей производится с помощью метода **агрегативного моделирования**.

Агрегативная модель производственной системы активного потребителя



Необходимый объем информации по производственной системе

- однолинейная схема электроснабжения и описание режимов ее работы,
- схема производства, отражающая структуру основных материальных потоков по всему производству между отдельными участками производства,
- основные режимы производства (день-неделя-год),
- список энергоёмких участков производства,
- множества выделенных накопителей, агрегатов, связей,
- список оперативно управляемых выключателей (длительность реализации переключений),
- точки подключения аварийной и технологической брони, список электроприемников, входящих в аварийную и технологическую броню,
- ...

Параметры технологических агрегатов

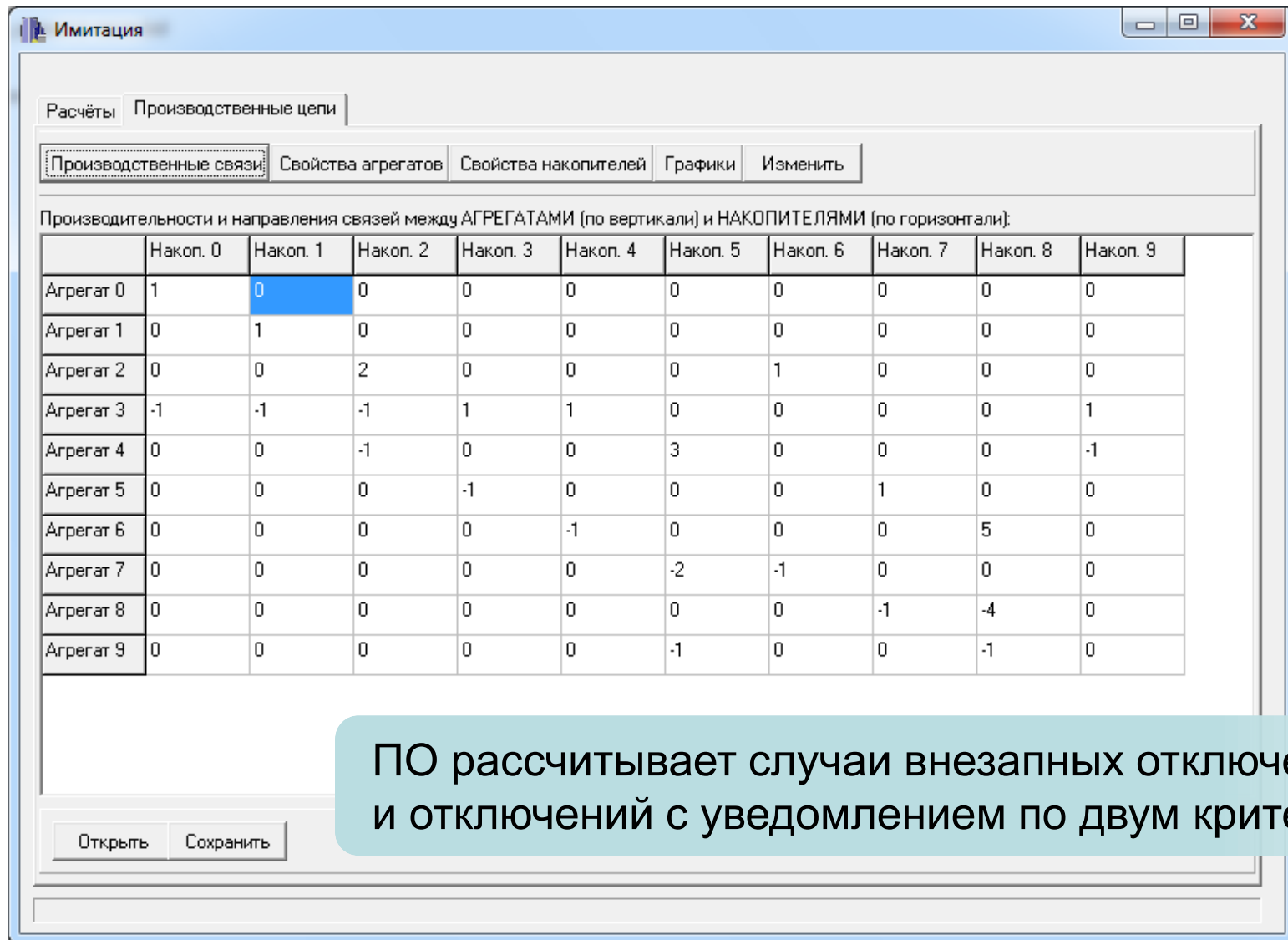
- 1) электрическая мощность потребления
- 2) производительность агрегата по технологическим связям (номинал, норма, пределы регулирования)
- 3) производственный график, технологический регламент, описывающие нормальное изменение состояния агрегата в течение дня-недели-года
- 4) допустимость внезапного отключения электроснабжения агрегата,
- 5) допустимость вынужденного останова агрегата при разрыве его технологических связей (части связей, всех связей) при истощении-переполнении накопителей,
- 6) допустимость регулирования мощности электропотребления агрегата. Связь регулирования данного агрегата с прочими агрегатами
- 7) параметры регулирования агрегата: глубина снижения-повышения электрической мощности, влияние на производительность технологических связей агрегата, ступенчатый или непрерывный характер регулирования, длительность реализации регулирования ...

Параметры технологических накопителей

- 1) предельный верхний уровень заполнения накопителя (фактически достижимый, рекомендуемый, критический)
- 2) предельный нижний уровень заполнения (фактически достижимый, рекомендуемый, критический),
- 3) типичный уровень заполнения накопителя (в произвольный момент времени t) или закон распределения случайного уровня заполнения в зависимости от времени t .



ПО имитационного моделирования



Имитация

Расчёты Производственные цепи

Производственные связи: Свойства агрегатов Свойства накопителей Графики Изменить

Производительности и направления связей между АГРЕГАТАМИ (по вертикали) и НАКОПИТЕЛЯМИ (по горизонтали):

	Накоп. 0	Накоп. 1	Накоп. 2	Накоп. 3	Накоп. 4	Накоп. 5	Накоп. 6	Накоп. 7	Накоп. 8	Накоп. 9
Агрегат 0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Агрегат 1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Агрегат 2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0
Агрегат 3	-1	-1	-1	1	1	0	0	0	0	1
Агрегат 4	0	0	-1	0	0	3	0	0	0	-1
Агрегат 5	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	0
Агрегат 6	0	0	0	0	-1	0	0	0	5	0
Агрегат 7	0	0	0	0	0	-2	-1	0	0	0
Агрегат 8	0	0	0	0	0	0	0	-1	-4	0
Агрегат 9	0	0	0	0	0	-1	0	0	-1	0

Открыть Сохранить

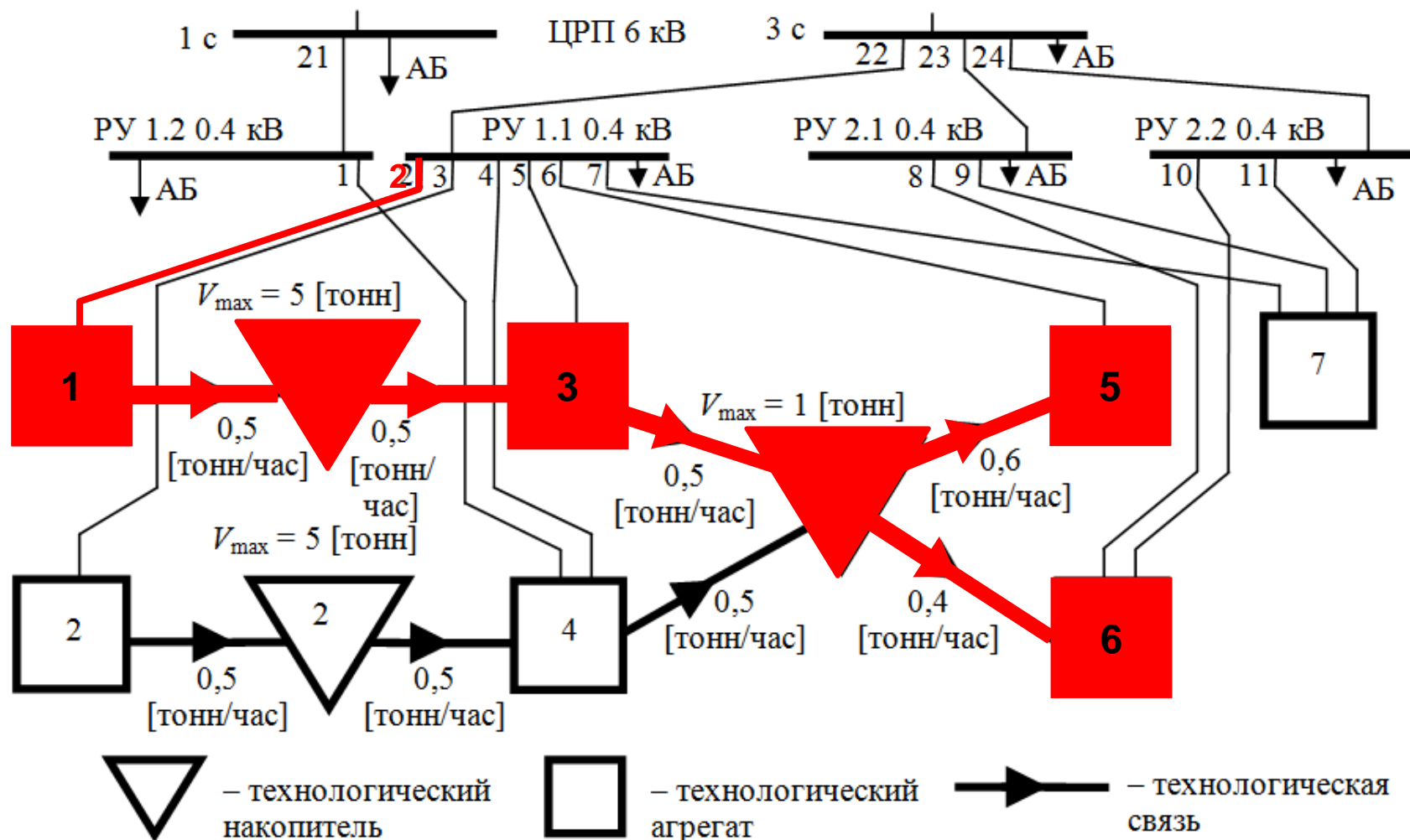
ПО рассчитывает случаи внезапных отключений и отключений с уведомлением по двум критериям

Зависимость отключаемой мощности завода от прогнозной длительности отключения

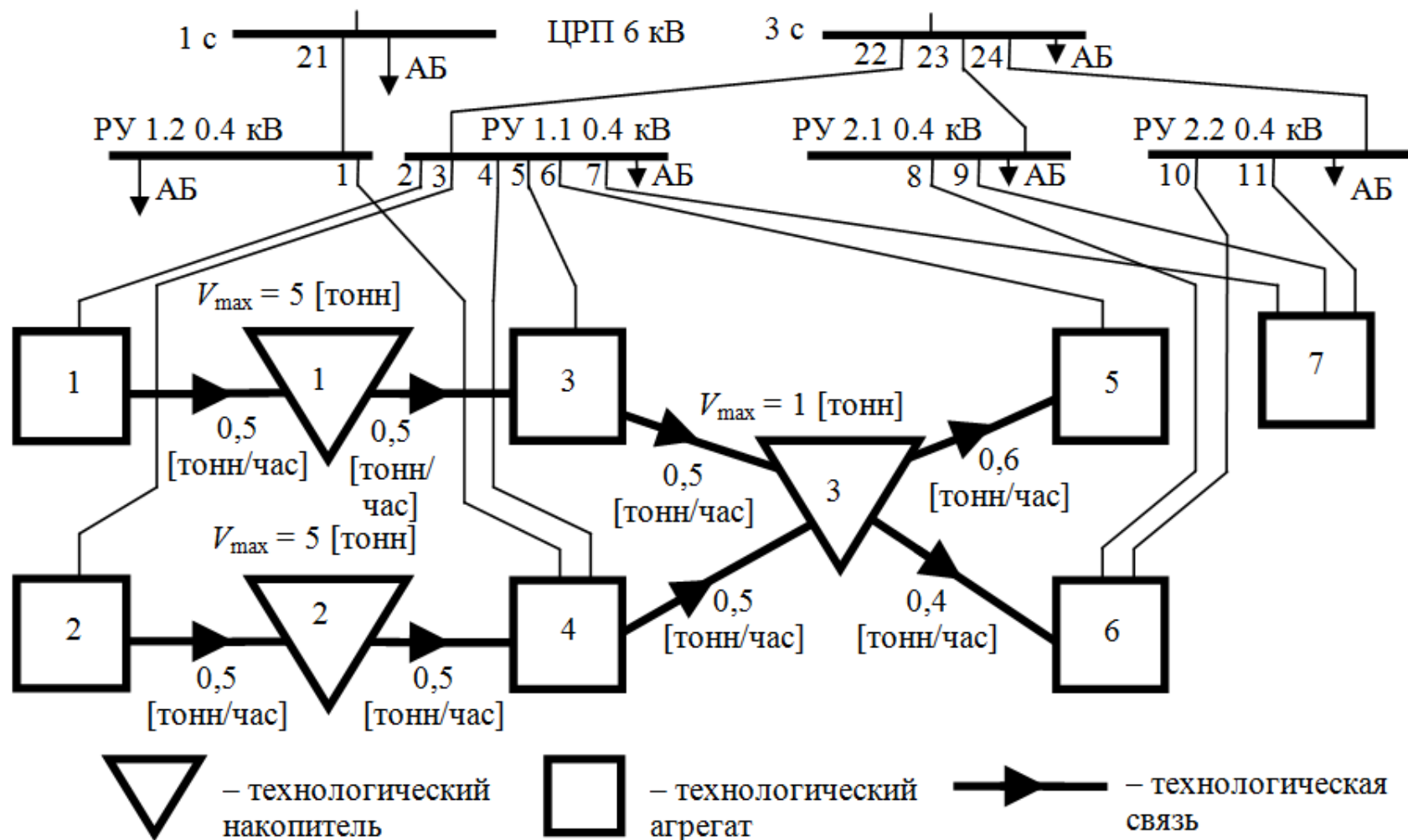
Набор отключаемых присоединений	Сочетание отключаемых агрегатов	Величина отключаемой мощности (зима / лето) , кВт	Критерий возможной длительности отключения, час
2 или 3	1 или 2	40 / 20	0,9
2, 3	1 и 2	80 / 40	0,4
7, 9, 11	7	200 / 130	не более 24
2, 7, 9, 11 или 3, 7, 9, 11	1 или 2 и 7	240 / 150	0,9
2, 3, 7, 9, 11	1 и 2 и 7	280 / 170	0,4

Данный потребитель может быть классифицирован как активный.

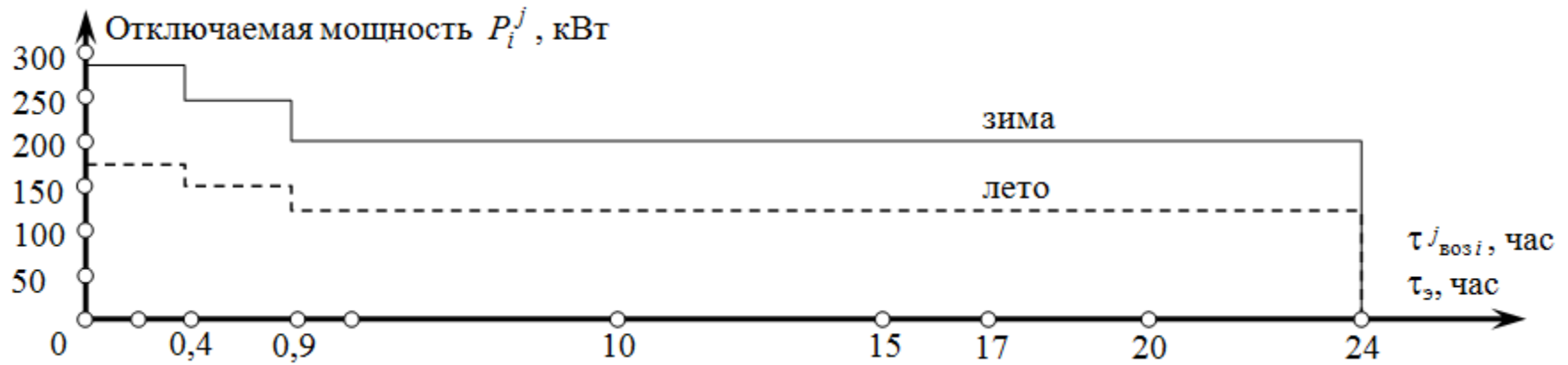
Неоптимальное отключение агрегата 1, приводящее к останову производства



Оптимальное отключение агрегата 1, не приводящее к останову производства



Зависимость отключаемой мощности завода от прогнозной длительности отключения



Отключение для потребителя при $\tau_{\text{э}} < \tau_{\text{воз}}$ пройдет без разрушения оставшегося в работе производства за счет демпфирующего действия накопителей продукции / сырья.

Данный потребитель может быть классифицирован как активный.

Правило определения класса активных потребителей

по критерию $\tau_{\text{ВОЗ}}^j = F_{\tau_{\text{ВОЗ}}} \left(t_0; Z_{\text{ОП}i}^j; \alpha^j; N_{\text{СМ}}^* = 0; p_{\text{СМ}}^* = 0,9 \right)$

- если требуемая прогнозная длительность отключения j -го потребителя $\tau_{\text{Э}}$ соответствует условию

$$\tau_{\text{Э}}^j \geq \tau_{\text{ВОЗ}}^j, \quad C \rightarrow \max$$

то такое отключение не желательно, поскольку **произойдет разрушение производственного процесса** с большой вероятностью.

- если $\tau_{\text{Э}}$ соответствует условию

$$\tau_{\text{Э}}^j < \tau_{\text{ВОЗ}}^j, \quad C \rightarrow \min$$

то такое отключение возможно, поскольку **потребитель обойдется минимальными потерями**. Такой потребитель может быть определен как активный.

Частичные отключения и ограничения
потребителей должны быть
оптимальными!

Благодарим за внимание!