



ЛЕКЦИЯ 5

НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ

к.т.н. Давыдов Денис Олегович

ПОЧЕМУ НАУЧНЫЙ ПОДХОД

Сила науки в **предсказании**
явлений и событий с использованием
установленных законов

Есть ли **другие** способы
узнать будущее?

Так почему научный
подход?

ВИДЫ ТЕПЛООБМЕНА

Выделяют три элементарных вида теплообмена:

- **теплопроводность** – перенос тепла за счёт движения микрочастиц вещества (молекул, атомов, ионов и электронов в газах и жидкостях, молекул (атомов) и перемещения электронов в твёрдых телах)
- **конвекция** – перенос тепла вследствие перемещения макрочастиц вещества в газах и жидкостях
- **лучистый теплообмен (ЛТ)** – перенос тепла в оптически прозрачных средах электромагнитными волнами инфракрасного диапазона спектра

Существуют другие виды переноса тепла, которые являются сочетанием элементарных видов:

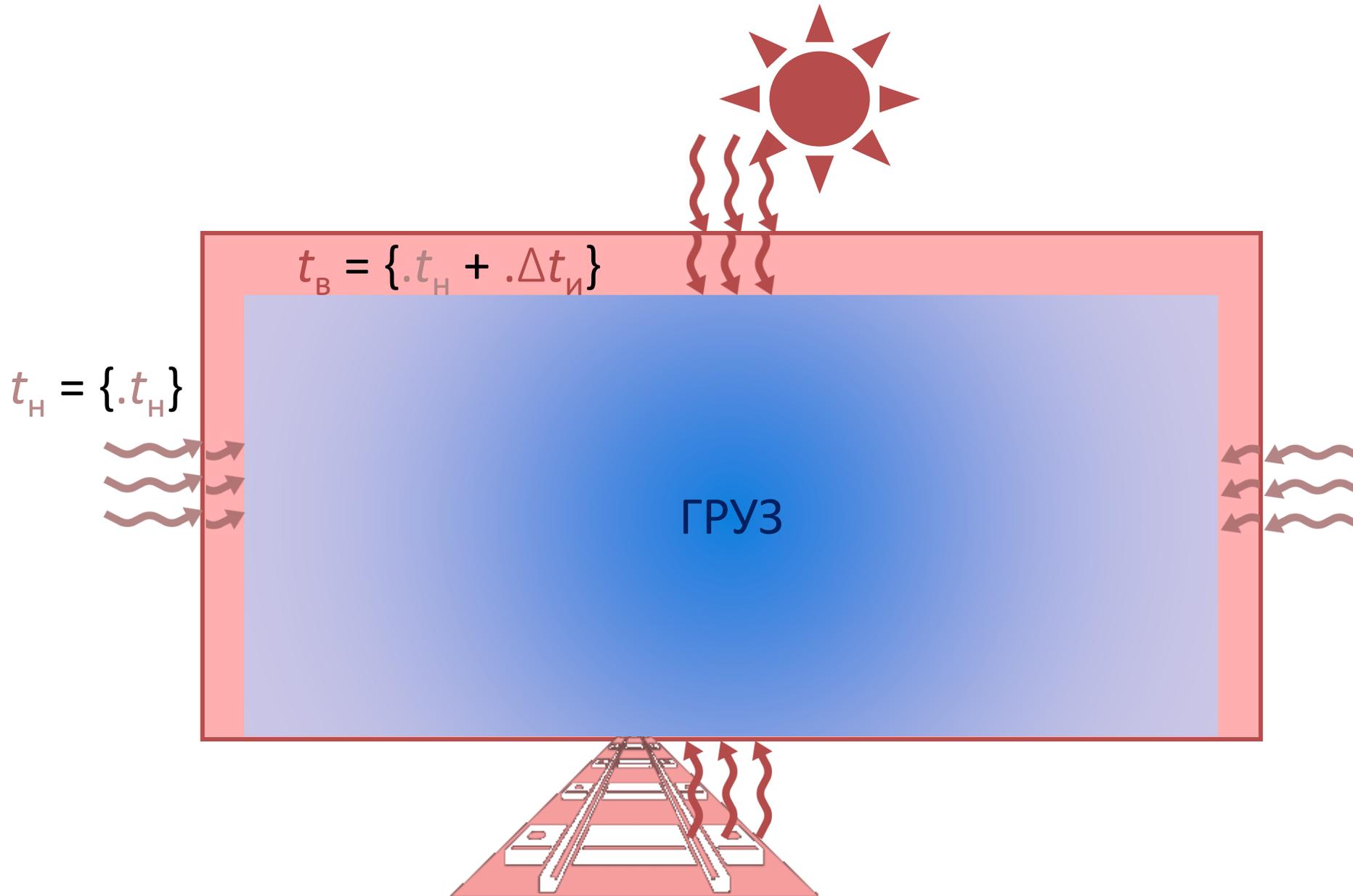
- **теплоотдача** – конвективный теплообмен между потоками жидкости или газа и поверхностью твёрдого тела
- **теплопередача** – теплообмен от горячей среды (жидкость, газ или твёрдое тело) к холодной через разделяющую их стенку
- **конвективно-лучистый перенос тепла** – совместный перенос тепла излучением и конвекцией

Моделирование –

полезное упрощение реальности с целью предсказания интересующих событий

При моделировании тепловых процессов целесообразно рассматривать только **значимые** виды теплообмена

ТЕПЛОБМЕН ДЛЯ КУЗОВА БЕЗ ИЗОЛЯЦИИ



Теплопроводность

x термическое сопротивление очень мало

- $t_B \approx t_H$
- груз очень активно взаимодействует

ЛТ

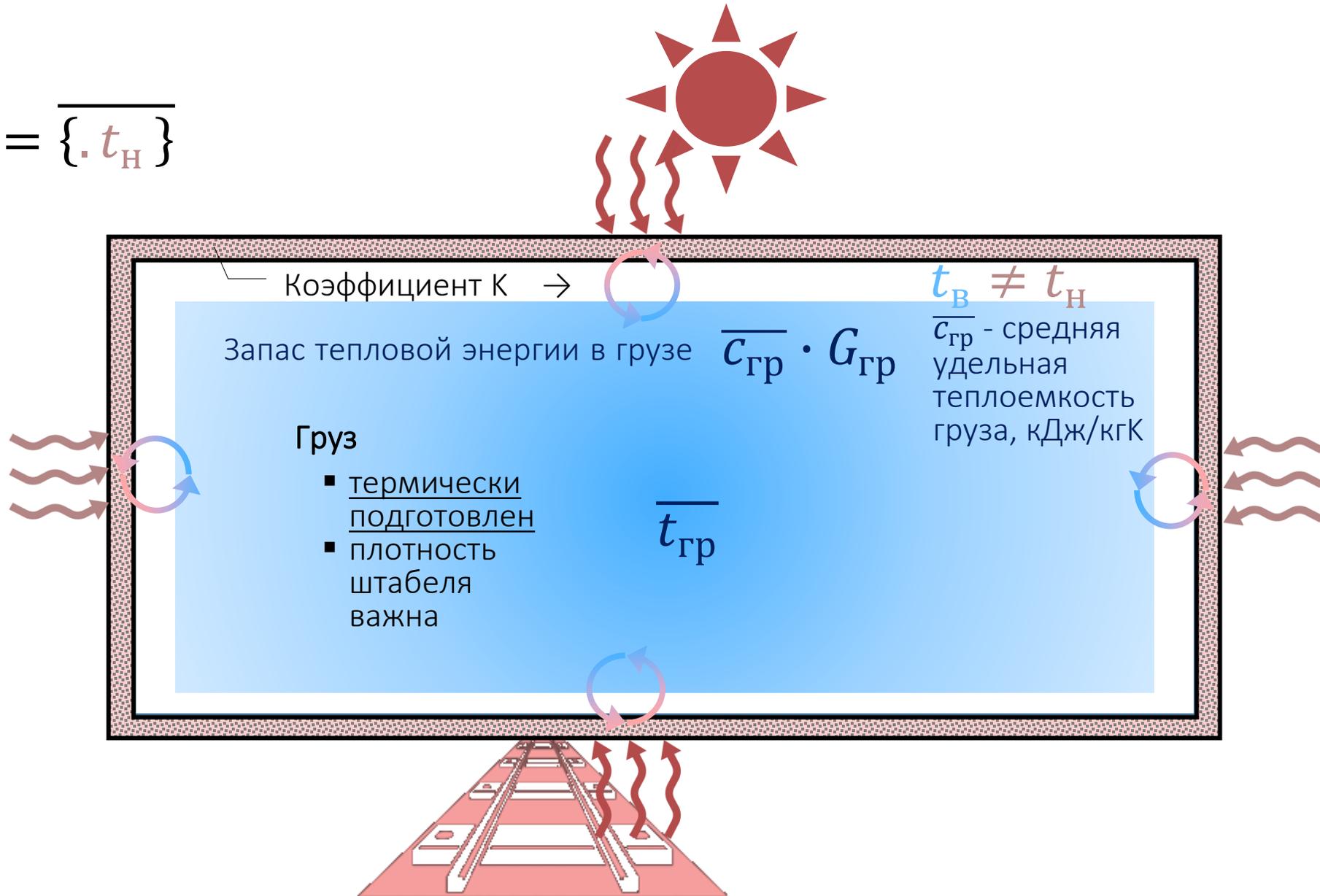
- ✓ солнечное излучение
- ✓ тепловое излучение от земли
- нагрев кузова
- $\Delta t_{и} > 0$
температурное воздействие от излучения

Конвекция

- ✓ при вентилировании
- $\Delta t_{и} = 0$

ТЕПЛОБМЕН ДЛЯ КУЗОВА С ИЗОЛЯЦИЕЙ

$$t_H = \overline{\{.t_H\}}$$



Теплопроводность

- ✓ термическое сопротивление кузова $\gg 0$
- груз взаимодействует, но неактивно
- $t_в \neq t_н$

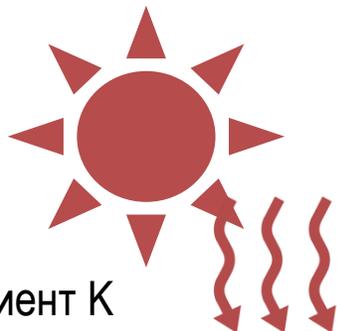
ЛТ

- ✓ солнечное излучение
- ✓ теплоотдача от земли
- x нагрев кузова
- x $\Delta t_{и} = 0$

Конвекция

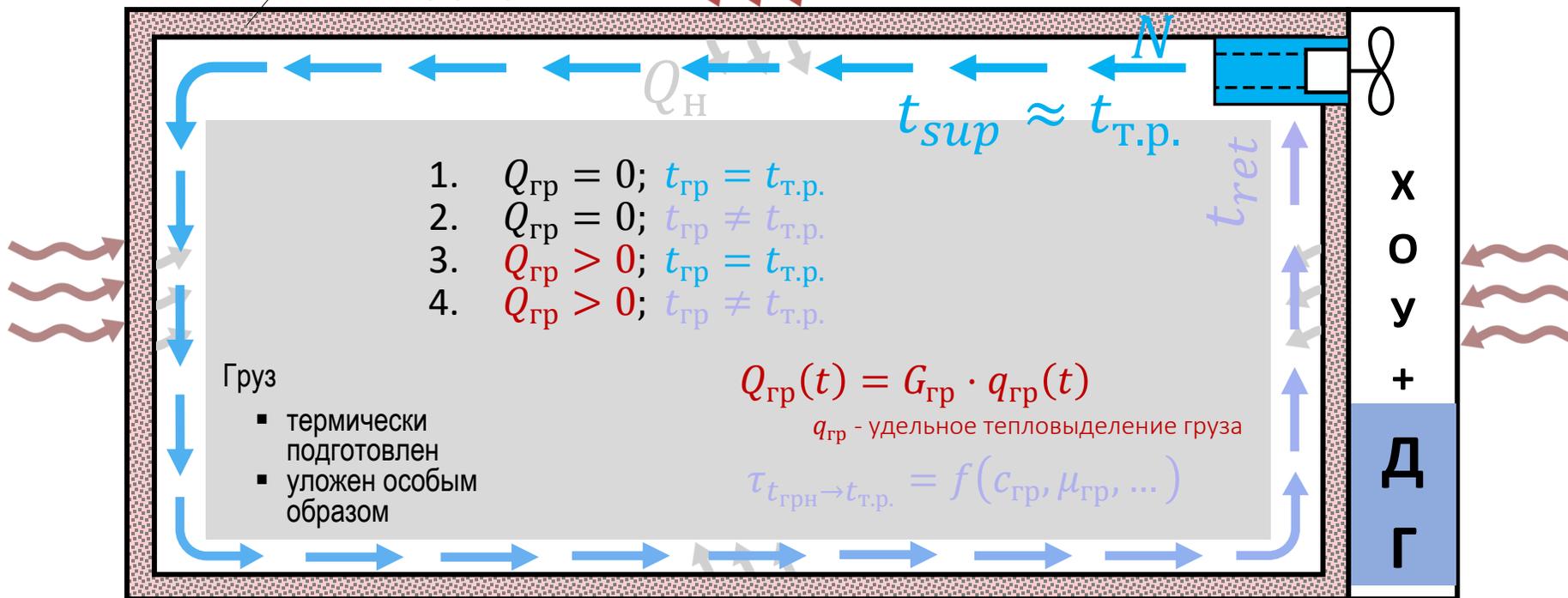
ТЕПЛОБМЕН ДЛЯ КУЗОВА С ХОУ

$$t_H = \overline{\{.t_H\}}$$



$$N \geq Q_H + Q_{гр} + Q_B + Q_{t_{грн} \rightarrow t_{т.р.}}$$

коэффициент К



Теплопроводность

- ✓ термическое сопротивление кузова $\gg 0$
 - груз в режиме термостата, если $t_{т.р.} = t_{гр}$
- + работа ХОУ

ЛТ

- ✓ солнечное излучение
 - ✓ теплоотдача от земли
- х нагрев кузова
 х $\Delta t_{и} = 0$

Конвекция

- в процессе вентилирования



$$t_{ret1} = t_{sup} + \Delta Q_H$$

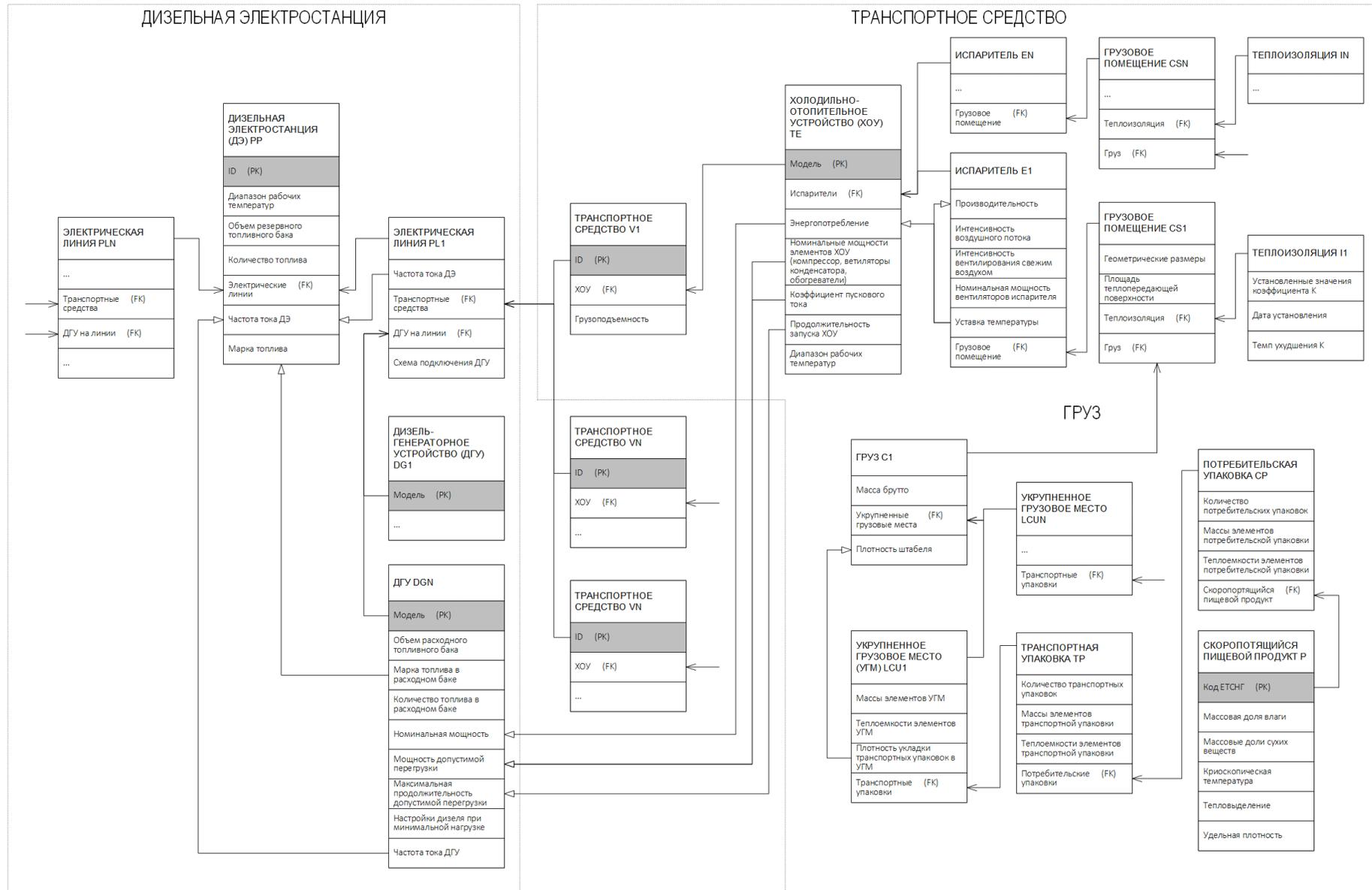
$$t_{ret2} = t_{sup} + (\Delta Q_H + \Delta t_{гр})$$

$$t_{ret3} = t_{sup} + (\Delta Q_H + \Delta Q_{гр} + \Delta Q_B)$$

$$t_{ret4} = t_{sup} + (\Delta Q_H + \Delta Q_{гр} + \Delta Q_B + \Delta t_{гр})$$

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ (ТЕМПЕРАТУРА, ВЛАЖНОСТЬ, СКОРОСТЬ ВЕТРА, БАРОМЕТРИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ)



ЗАДАЧИ УЧАСТНИКОВ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

Статья 8 ППСГ:

При выборе условий перевозки груза и подвижного состава (род вагона) или тип контейнера грузоотправитель должен учитывать расчетный срок доставки груза, определенный в соответствии с Правилами исчисления сроков доставки грузов, порожних грузовых вагонов железнодорожным транспортом, утвержденными приказом Минтранса России от 7 августа 2015 г. N 245, и срок годности груза, а при перевозке без поддержания температурного режима также температуру наружного воздуха в разных климатических районах, нахождения груза в пути следования с учетом обеспечения сохранности и качества груза.

<...>

Грузоотправитель с учетом требований технических регламентов на отдельные виды пищевой продукции, документов по стандартизации, устанавливающих требования к перевозке, хранению и сроку годности груза, **самостоятельно выбирает режим перевозки груза, а также вагон (контейнер) для перевозки.**

→ **Перевозчик** – доставить груз в пределах нормативного срока доставки

→ **Грузоотправитель** – выбрать технологию перевозки груза → **согласовать с грузополучателем, установить требования к вагону/контейнеру для перевозки**

→ **Оператор** – предоставить вагон/контейнер с характеристиками, соответствующими установленным грузоотправителем

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ДЛЯ ГРУЗОТРАНСПОРТНОГО ПРАВИТЕЛЯ

ЗАДАНЫ:

1. Возможные технологии перевозки груза:
 - ТХ1 – с поддержанием температурного режима
 - ТХ2 – в режиме «термос»
 - ТХ3 – с защитой только от атмосферных осадков
2. Груз, характеризуемый параметрами:
 - требуемые температурные условия (ТТУ) $[t_{\text{трmin}}, t_{\text{трmax}}]$
 - особые требования ППСГ (ГРП)
мороженая пищевая рыбная и мясная продукция (ГРП = 1);
все остальные грузы (ГРП = 0)
 - вид упаковки (УПК)
тарно-штучный в транспортной упаковке (УПК = 1);
неупакованный наливом (УПК = 2)
 - необходимость вентилирования (ВНТ)
без вентилирования (ВНТ = 0)
с вентилированием (ВНТ = 1)
 - постоянное сопровождение (СПР)
с постоянным сопровождением (СПР = 1)
без постоянного сопровождения (СПР = 0)
 - масса груза брутто ($G_{\text{гр}}$)
3. Направление перевозки (ст. отправления и назначения)
4. Дата приема груза к перевозке
5. Способ организации перевозки
в грузовом поезде или в грузовом поезде по расписанию

НЕОБХОДИМО:

1. Определить возможные технологии перевозки для заданных параметров груза:
$$\begin{cases} \text{ТХ1 при } (\text{ГРП} = 0 \vee \text{ГРП} = 1) \wedge \text{УПК} = 1 \wedge (\text{ВНТ} = 0 \vee \text{ВНТ} = 1) \\ \text{ТХ2 при } (\text{ГРП} = 0 \vee \text{ГРП} = 1) \wedge (\text{УПК} = 1 \vee \text{УПК} = 2) \wedge \text{ВНТ} = 0 \\ \text{ТХ3 при } \text{ГРП} = 0 \wedge \text{УПК} = 1 \wedge (\text{ВНТ} = 0 \vee \text{ВНТ} = 1) \end{cases}$$
2. Определить расчетное температурное воздействие **для заданных направления и способа организации перевозки, даты приема груза:**
 - для ТХ1, ТХ2: $t_{\text{ext}} = \bar{t}_{\text{н}}$
 $\bar{t}_{\text{н}}$ – средняя расчетная температура наружного воздуха, °С
 - для ТХ3: $t_{\text{ext}} = \{t_{\text{н}} + \Delta t_{\text{и}}\} = t_{\text{в}}$
 $\Delta t_{\text{и}}$ – увеличение температуры внутри кузова от воздействия излучения (солнечного и от ж/д полотна), °С (при ВНТ = 1, $\Delta t_{\text{и}} = 0$)
 $t_{\text{в}}$ – температура воздуха внутри кузова УКВ/УКК
3. В случае $((t_{\text{ext}} < t_{\text{трmin}}) \vee (t_{\text{ext}} > t_{\text{трmax}})) \wedge \text{СПР} = 0$ определить **параметры использования технологий** перевозки в части обеспечения ТТУ:
 - для ТХ1 – минимально необходимый запас топлива в дизель-генераторном устройстве (ДГУ) ($V_{\text{трmin}}$)
 - для ТХ2 – предельно допустимое значение коэффициента К (K_{max})Для ТХ3 – произвести **количественную** оценку соблюдения ТТУ при перевозке

ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Перевозка с защитой только от атмосферных осадков

$$t_{\text{трmin}} \leq t_{\text{в}} \leq t_{\text{трmax}}$$

Перевозка в режиме «термос»

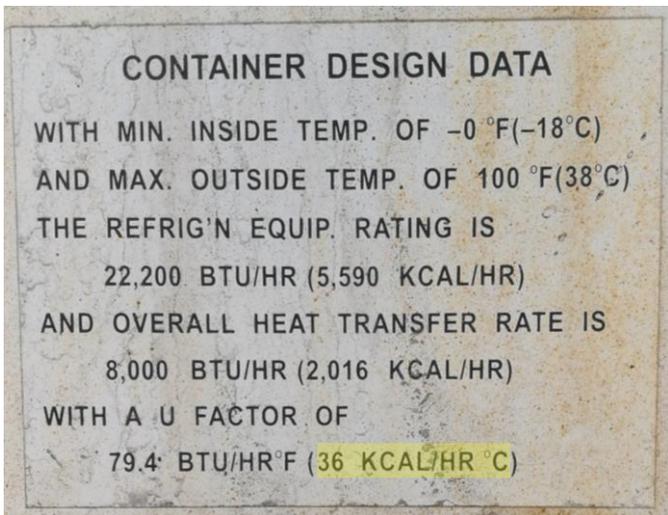
$$\tau_{\text{терм}}(\mathbf{K}_{\text{max}}) \geq \tau_{\text{дост}}$$

Перевозка с поддержанием температурного режима

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_j < N_{\text{min}j}, j = 1..J \\ \sum_{j=1}^J W_j < W_{\text{Hmin}} \\ \left(\tau_{\text{t=const}}(\mathbf{V}_{\text{T}}) + \min_{j=1..J} \left(\tau_{\text{терм.ост}j} \right) \right) \geq \tau_{\text{дост}} \end{array} \right.$$

- 1) $N_{\text{min}j}$ должен превышать суммарный теплоприток примерно вдвое, т.е. обеспечивать работу ХОУ с коэффициентом рабочего времени $k_{\text{РВ}} = \Sigma Q / N \leq 0,5$
- 2) Мощность генератора должна быть в диапазоне от 30 до 90 % номинальной мощности, а также обеспечивать пуск ХОУ

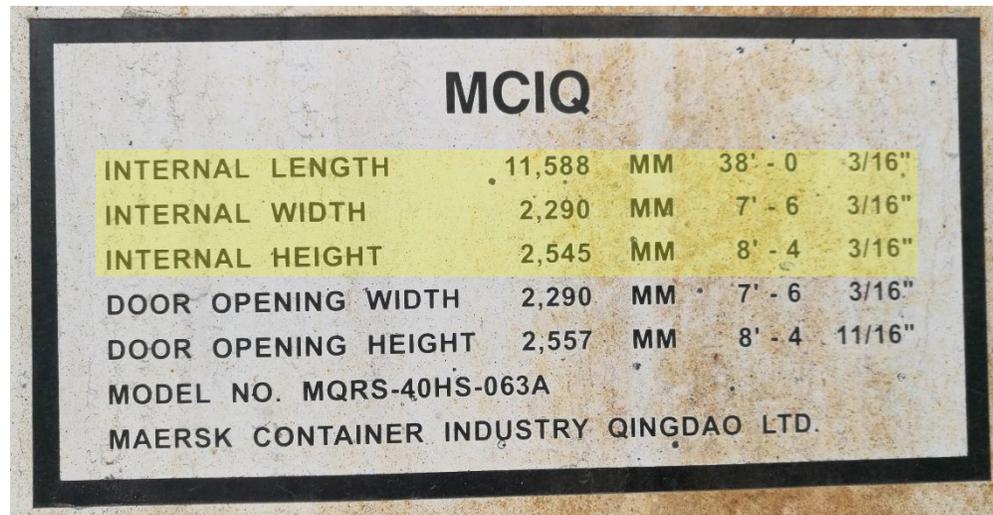
УСТАНОВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КУЗОВА, ХОУ И ДГУ



↓
 Теплопередача
 конкретного
 контейнера (U*)



↓
 ИСО 1496-II:2018
 СПС (АТР)
 Максимальная
 теплопередача (U) для
 типа контейнера R1



↓
 Внутренние размеры
 грузового помещения
 Толщина изоляции
 ↓
 Средняя площадь
 кузова КРК (S)

Общий коэффициент теплопередачи с учетом старения:

$$K = \frac{U}{S} \cdot T \cdot k_{\tau}$$

T – возраст КРК, лет

k_τ – влияние старения на теплопередачу (3-4 %)

Параметры ХОУ в соответствующих руководствах (



- Холодопроизводительность и энергопотребление зависят от температурного режима
- Теплопроизводительность
- Параметры вентилирования

KEY POINTS

- 1) Научная организация перевозок скоропортящихся грузов позволяет выбрать технология перевозки груза и транспортное средство, исходя из необходимости обеспечения требуемых температурных условий в течение всей перевозки, и сделать это **недорого и эффективно**
- 2) Существует множество видов теплообмена. В практических условиях (для расчета) необходимо выбрать основные из них, другими пренебречь (для упрощения расчетов)
- 3) Рассмотрели теплообмен при основных технологиях перевозки груза. Установили, что наиболее сложной из них является перевозка с поддержанием температурного режима, требующая оценок не только в части теплотехнических требований к кузову и ХОУ, но также к системе энергоснабжения
- 4) Теплотехнические характеристики ХОУ и кузова могут быть установлены экспериментально, на основании технической документации или экспертно

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

ДАВЫДОВ ДЕНИС ОЛЕГОВИЧ
t.me/D2000YOC



<https://t.me/spglab>
канал о скоропорте