

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ОТПИТЕЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ИНДИВИДУАЛЬНО ОТАПЛИВАЕМЫХ ЗДАНИЙ

**Хузина Алина Дамировна**

магистрант, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых Институт Архитектуры, Строительства и Энергетики, РФ. г. Владимир

### MODERNIZATION OF HEATING VENTILATION DEVICE FOR LOW-RISE INDIVIDUALLY HEATED BUILDINGS

**Alina Khuzina**

*Student, Vladimir State University named after Alexandra Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov Institute of Architecture, Construction and Energy, Russia, Vladimir*

**Аннотация.** Представлены научно-технологические разработки энергоэффективных и ресурсоэффективных устройств отопительно-вентиляционных систем теплоснабжения и воздухообмена индивидуально отапливаемых малоэтажных зданий с естественным побуждением циркуляции газоздушных потоков, обеспечивающим минимизацию теплоэнергопотребления от внешних энергоисточников за счёт активного привлечения вторичных и природных видов энергии для создания комфортных условий проживания и экономии топливно-энергетических ресурсов в зданиях с наружными ограждениями повышенной теплозащиты и герметичности. Новизна конструктивного исполнения предлагаемых устройств заключается в особенности размещения газохода, приточного и вытяжного воздухопроводов по схеме «труба в трубе», образуя кожухотрубный рекуперативный теплообменник-утилизатор с целью нагрева наружного приточного вентиляционного воздуха уходящими горячими газами от теплоисточника

**Abstract.** Present the scientific and technological development of energy-efficient and resource-effective devices of heating and ventilation systems heat and air supply individually heated low-rise buildings with natural movement of circulation of air flows to ensure minimization of heat and energy consumption from external sources through active involvement of secondary and natural energies to create comfortable living conditions and to save energy resources in buildings with external enclosures with increased thermal insulation and tightness. The originality design of the proposed devices lies in the particular placement of the flue, supply and exhaust ducts according to the scheme «pipe in pipe», forming a shell and tube regenerative waste heat exchanger to heat the outdoor ventilation air leaving combustible gas from the heat source.

**Ключевые слова:** энергосбережение, отопление; вентиляция.

**Keywords:** energy saving; heating; ventilation.

В практике градостроительства известны эжекторные системы приточно-вытяжной вентиляции жилых зданий с принудительной циркуляцией воздушных потоков, получившие название «гибридной вентиляции», где над тёплым чердаком расположена вытяжная камера с глушителем, вентилятором, эжектором и дефлектором, предназначенная для усиления тяги в вытяжных каналах. Предлагаемая авторами естественно-механическая система вытяжной вентиляции позволяет осуществлять реконструкцию большого количества существующих высотных зданий с тёплыми чердаками, имеющих известные проблемы с вентиляцией [1-3]. При малоэтажном строительстве жилых домов коттеджного типа в небольших населённых пунктах, пригородных районах, численность которых возрастает ежегодно, используют для автономного отопления индивидуальные котлы, так как теплоснабжение не всегда экономически обоснованно из-за большого разброса абонентов по территории застройки централизованное. Данная разработка относится к отопительно-вентиляционной технике и может быть полезна для энергоресурсоэффективного тепловоздухоснабжения малоэтажных зданий коттеджного типа с вторичным использованием теплоты бытовых теплопоступлений, трансмиссионной теплоты, теряемой зданием через наружные ограждающие конструкции, теплоты выбрасываемых газов от отопительного котла, теплоты удаляемого вытяжного воздуха, а также природной теплоты солнечной радиации и энергии ветра. Конструктивно-технологическая схема комбинированного устройства приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией тепловых выбросов малоэтажных зданий коттеджного типа с индивидуальными отопительными котлами, работающими на любых (жидком, твёрдом, газообразном) видах топлива, и навесными вентилируемыми светопрозрачными фасадными системами, нашедшими широкое применение в градостроительной практике благодаря своим высоким эксплуатационным и архитектурно-эстетическим характеристикам, позволяет не только экономично расходовать тепловую и электрическую энергию на поддержание комфортных параметров микроклимата, но и улучшить окружающую экологическую обстановку за счёт снижения вредных выбросов от сэкономленного топлива и улучшить экономическую составляющую от строительства и эксплуатации таких зданий (рис.1). На рисунке 1 представлено схематично энергоресурсоэффективное устройство приточно-вытяжной вентиляции эжекторного типа индивидуально отапливаемых зданий, в дальнейшем «Устройство».

Устройство включает газоход 1, выполненный из жаропрочной стальной трубы, установленный над котлом 2 и открывающийся в атмосферу сверху через эжектор 13 и дефлектор 15, а сам газоход 1 расположен соосно внутри воздухопроводящего канала 3, предназначенного для забора наружного приточного вентиляционного воздуха в нижней части через воздухоприточный патрубок 4 с регулируемой решёткой 5, соединённый со щелевым каналом 8, образованным навесным вентилируемым светопрозрачным фасадом 6 и наружными поверхностями 7 вертикальных наружных ограждающих конструкций, а под потолком каждого этажа здания открывающегося в вентилируемые помещения через приточные патрубки с регулируемыми решётками 10. Воздухопроводящий канал 3 приточного воздуха с внешней стороны соосно окружён вытяжным вентиляционным каналом 11, который открыт в каждое вентилируемое помещение через вытяжные патрубки 12 с регулируемыми решётками, а сверху открыт в приёмную камеру эжектора 13 с последующим выбросом в атмосферу через дефлектор 15.

При эксплуатации здания в отопительный период предлагаемое устройство работает следующим образом. Из топки котла 2 топочные газы согласно техническому регламенту [4] поступают в газоход 1 с температурой газообразных продуктов сгорания топлива в пределах

$t_{гп} = 110 - 130$  °C. Благодаря конструктивному устройству в виде рекуперативного кожухотрубного теплообменника, работающего по схеме «труба в трубе», в которой греющим теплоносителем являются продукты сгорания топлива, движущиеся по вертикальному газоходу 1 и рекуперативно контактирующие через воздухопроводящий каналом 3 с наружным приточным вентиляционным воздухом, который является в процессе теплообмена

нагреваемым теплоносителем, осуществляется его нагрев на величину  $\Delta t_1$ . Одновременно наружный воздух в воздухопроводящем канале 3 нагревается рекуперативно через внутреннюю стенку вытяжного вентиляционного канала 11, расположенного соосно с ним с

внешней стороны, на величину  $\Delta t_2$ . Наличие навесного вентилируемого светопрозрачного фасада 6 позволяет при движении наружного воздуха по целесообразному каналу 8 от входного отверстия 9 до воздухоприточного патрубка 4 с регулируемой решёткой 5 использовать трансмиссионную теплоту, теряемую зданием через вертикальные ограждающие конструкции 7 и теплоту солнечной энергии от суммарной прямой и рассеянной радиации, для предварительного подогрева наружного вентиляционного

приточного воздуха за счёт парникового эффекта ещё на величину  $\Delta t_3$ . Таким образом, суммарная величина предварительного подогрева наружного вентиляционного приточного воздуха от использования предлагаемого устройства  $\Delta t_{\Sigma}$ , °C, определяется по формуле (1)

$$\Delta t_{\Sigma} = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3, \quad (1)$$

Входящая в формулу (1) величина  $\Delta t_3$  в свою очередь состоит из двух величин и определяется по формуле (2)

$$\Delta t_3 = \Delta t_{\text{тр}} + \Delta t_{\text{н.ф.}}, \quad (2)$$

где  $\Delta t_{\text{тр}}$  - доля повышения температуры наружного воздуха от трансмиссионных потерь теплоты, теряемой вертикальными наружными ограждениями круглосуточно и постоянно в течение всего отопительного периода, °C;

$\Delta t_{\text{н.ф.}}$  - доля повышения температуры наружного воздуха, аккумулирующего теплоту от прямой и рассеянной солнечной радиации в дневное время суток отопительного периода, при его инфильтрации через щелевой канал 8, °C,

На снижение отопительной нагрузки в дневное время существенное влияние оказывает прямая и рассеянная солнечная радиация, которая воздействует на вертикальные ограждающие конструкции здания, закрытые светопрозрачными вентилируемыми фасадными системами, и существенно поднимает температуру циркулирующего в щелевом канале 8 наружного воздуха за счёт, так называемого, «парникового эффекта» суть которого заключается в следующем. Лучистая энергия видимой части солнечного спектра с длиной волн в диапазоне от 380 до 1500 нм легко проникает сквозь кристаллическую решётку обычного силикатного стекла и нагревает наружную поверхность наружного ограждения, от которой отражается тепловой поток, но уже в виде инфракрасного излучения с длиной волны от 7,5 до 14 нм, для которых оконное стекло становится экраном, а вся отражённая тепловая энергия аккумулируется наружным воздухом, циркулирующим внутри щелевого канала 8. Наличие в конструкции устройства эжектора 13, расположенного в чердачной части здания, позволяет использовать энергетически мощный поток улетающих в трубу дымовых газов от котла 2 не только для предварительного наружного вентиляционного приточного воздуха на

значительную величину  $\Delta t_{\Sigma}$ , но и для создания дополнительной к гравитационной составляющей тяги за счёт эжекции, которая увлекает за собой энергетически слабый восходящий поток вытяжного вентиляционного воздуха, который дополнительно усиливается за счёт ветрового давления, создаваемого дефлектором 15, установленным в устье вытяжной шахты 14.

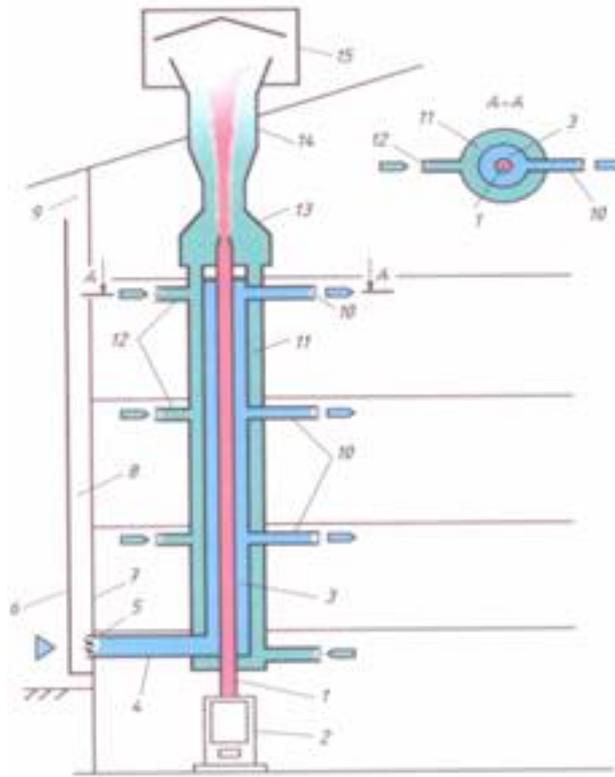
Создание конструктивного исполнения и технологической схемы энергоресурсоэффективного устройства приточно-вытяжной вентиляции эжекторного типа для индивидуально отапливаемых зданий с естественной циркуляцией воздушных потоков и многократным эффектом утилизации вторичных и природных энергоисточников без привлечения

дорогостоящего энергоёмкого импортного оборудования позволяет минимизировать энергопотребление от внешних энергоисточников, значительно снизить капитальные и эксплуатационные затраты и максимально улучшить условия комфортного проживания. Менее сложной по исполнению является конструктивно-технологическая схема энергоэффективного устройства приточно-вытяжной вентиляции здания, представленная на рис. 2 [5]. Энергоэффективное устройство приточно-вытяжной вентиляции с рекуперативным подогревом приточного воздуха включает вертикально расположенный внутри здания воздухопроводящий канал 1, внутри которого расположен газоход 2 индивидуального отопительного котла 3 с выбросом топочных газов в атмосферу выше крыши. Снизу воздухопроводящий канал 1 через воздухозаборный патрубок 4 и регулирующую жалюзийную решётку 5 соединён с атмосферой и открыт поэтажно в каждое вентилируемое помещение через отверстия с приточными регулирующими жалюзийными решётками 6. Вытяжные каналы 7 расположены с противоположной стороны каждого из вентилируемых помещений и снизу имеют отверстия с вытяжными регулирующими жалюзийными решётками 8, а сверху открыты в атмосферу. В предлагаемом устройстве приточный наружный воздух подаётся в здание организовано естественным путём, а на его нагрев и перемещение не требуется дополнительной установки нагревательных приборов системы отопления и вентиляторов, что значительно снижает потребление тепловой и электрической энергии и стоимость строительства.

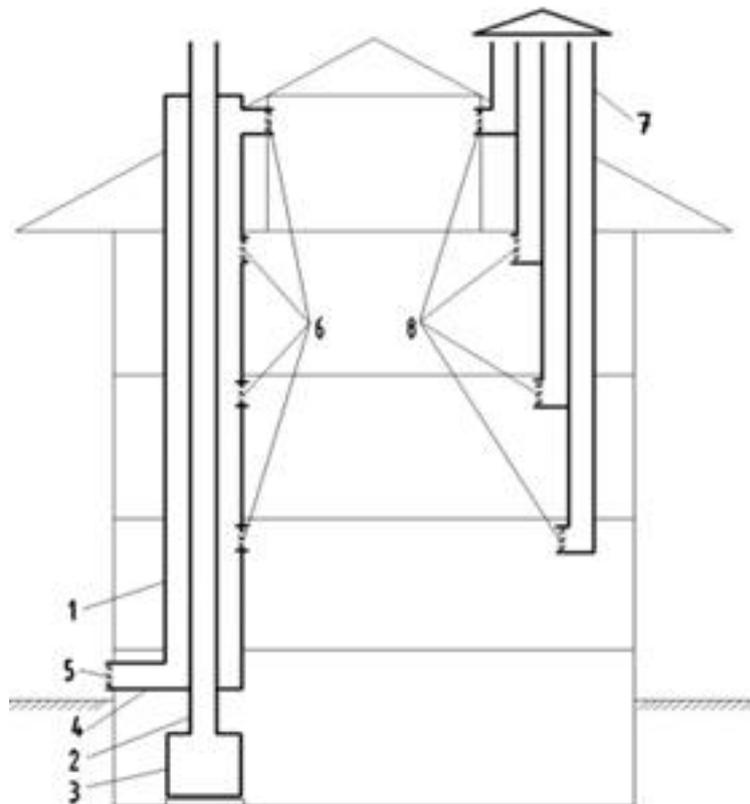
Как показали результаты расчёта кожухотрубного теплообменника-рекуператора прямоточного действия, выполненного в соответствии с рекомендациями [6] при переменных режимах теплообмена с использованием данных, изложенных в работе [7], предлагаемое энергоэффективное устройство приточно-вытяжной вентиляции с рекуперативным подогревом приточного воздуха для малоэтажных зданий коттеджного типа, отапливаемых индивидуальными котлами, обеспечивает высокую энергоэффективность даже при низких температурах наружного воздуха.

Как явствует из графиков изменения температур теплообменивающихся сред при расчетной наружной температуре  $t_n = -25^{\circ}\text{C}$ , для наиболее холодной Витебской области температура подаваемого в вентилируемые помещения приточного воздуха, прошедшего через теплообменник-рекуператор соответствует нормативной температуре  $t_v = +18^{\circ}\text{C}$ , а при принимаемой за среднюю наружную температуру за весь отопительный период для Витебской области  $t_n = -2^{\circ}\text{C}$ , - температура приточного вентиляционного воздуха составляет  $t_{пр} = 36^{\circ}\text{C}$ , что даёт основание использовать избыточную теплоту для компенсации теплотерь зданий, т.е. использовать устройство в режиме воздушного отопления.

Эти расчёты наглядно иллюстрируются графиками, представленными на рис. 3.

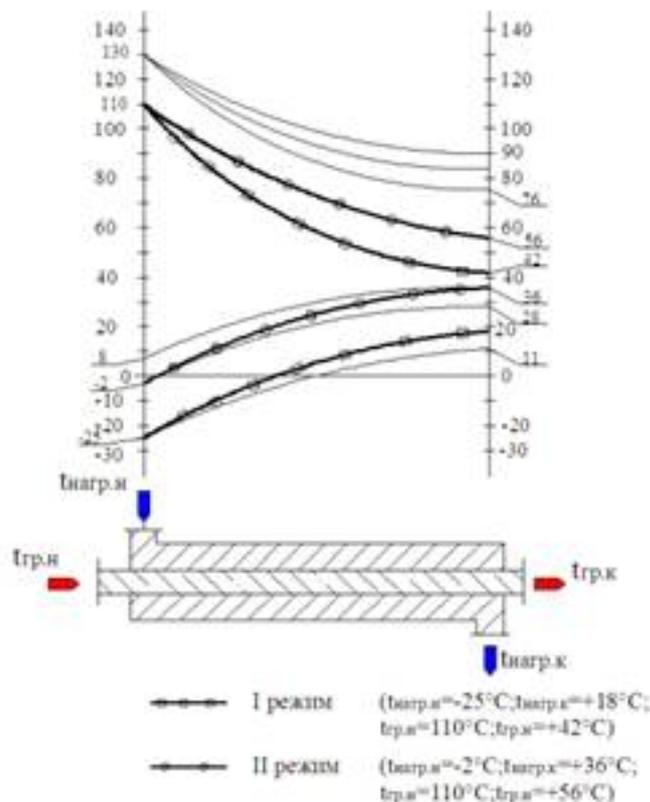


**Рисунок 1. Устройство приточно-вытяжной вентиляции с эжектором и утилизацией теплоты выбросов малоэтажных зданий с индивидуальными отопительными котлами и навесными вентилируемыми светопрозрачными фасадными системами**



**Рисунок 2. Энергоэффективное устройство приточно-вытяжной вентиляции с рекуперативным подогревом приточного воздуха для малоэтажных зданий**

## коттеджного типа



**Рисунок 3. График изменения температур теплообменивающихся сред в кожухотрубном теплообменнике-рекуператоре прямоточного действия**

### Список литературы:

1. Малявина Е.Г., Бирюков С.В., Дианов С.Н. Вентиляция жилых домов с тёплым чердаком // Научный журнал АВОК [Электронный ресурс]. URZ: [http://www.abok.ru/for spec/articles.php?nid=2399](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2399) (дата обращения: 05.02.2015).
2. Липко В.И. Вентиляция герметизированных зданий: в 2 т. Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2000. Т.1. Теория расчёта и реформирование вентиляции герметизированных помещений. 300 с.
3. Липко В.И. Вентиляция герметизированных зданий: в 2 т. Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2000. Т.2. Сборник методических материалов по энергосберегающей технологии вентиляции с примерами расчета и конструирования. в246 с.

### Приложение А

#### Таблицы

### Вариант 23

	условное обозначение параметра	установка в здании термостатических радиаторных вентилялей	установка утилизатора тепла в системе вентиляции
Требуемые инвестиции для реализации мероприятия, руб.	$I_0$	321 436	224 557
Уровень годовой экономии энергоресурсов при реализации мероприятия, Гкал	$S$	129	129
Тариф на тепловую энергию, руб./Гкал	$E$	1311	1311
Экономический срок службы мероприятия, лет	$n$	11	11
Номинальная процентная ставка, %	$n_r$	13	13
Средний уровень инфляции, %	$b$	10	10

	Условное обозначение параметра	Установка в здании термостатических радиаторных вентилялей	Ус тепл
Требуемые инвестиции для реализации мероприятия, руб.	$I_0$	321 436	
Уровень годовой экономии энергоресурсов при реализации мероприятия, Гкал	$S$	129	
Тариф на тепловую энергию руб./Гкал	$E$	1311	
Экономический срок службы мероприятия, лет	$n$	11	
Номинальная процентная ставка, %	$n_r$	13	
Средний уровень инфляции, %	$b$	10	

### Приложение В

#### Формулы

Итак, рассмотрим ситуацию: с учетом того что  $x < 0$  (система самотормозящаяся) для движения системы в плоскости  $p_2$  необходимо иметь отрицательную силу  $p_{1x}$ , имеем положительную  $p_2$

Тогда разница между  $p_{1x}$  и  $p_2$  - есть  $\Psi_{abc}^2$ , см Рис.235

$P_2 > 0$

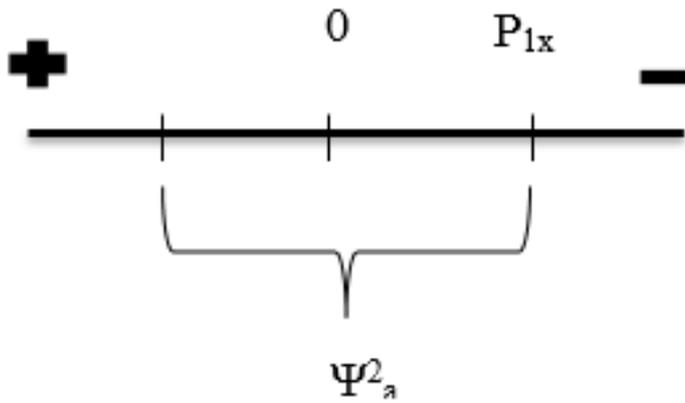


Рисунок 235. Графическое изображение

$$\Psi_{абс}^2 = P_{1x} - P_2 \quad (371);$$

Частный случай  $P_2=0$

$$\Psi_{абс}^2 = P_{1x} \quad (372);$$

Сравнивая (344) и (362), (347,349) и (370) очевидно, что  $\Psi_{отн}$  и  $\Psi_{абс}$  для самотормозящихся и несамотормозящихся звеньев находятся по одним и тем же зависимостям. Математически разницы никакой нет. Просто внешне у самотормозящихся пар появляются отрицательные коэффициенты и параметры, но это не должно пугать. Условие равновесного движения для самотормозящейся пары будет выглядеть (звучать) следующим образом : система находится в равновесном движении при наличии сглаживающей силы ( $-P_2$ ), а так как она есть величина отрицательная, то внешне это выглядит как отмораживание.

В связи с этим отдельного анализа  $\Psi_{отн}$  и  $\Psi_{абс}$  не ведется max/min, диапазон значений, ... . Весь вышеизложенный материал п.2.6.2.-б для не самотормозящегося звена будет справедлив и здесь. Отметим лишь два специфичных момента:

1.  $\Psi_{абс}$  - неопределен. Математически это выглядит так:

$$= \frac{P_2}{x} - P_1$$

так как  $x < 0$ , то  $\frac{P_2}{x} < 0$ ,  $(\frac{P_2}{x} - P_1) < 0$

Фраза : увеличить силу  $P_1$  на величину  $(\frac{P_2}{x} - P_1)$ , означает - уменьшить  $P_1$ . Таким образом, метод увеличения  $P_1$  здесь действительно нереален. Можно предположить, что уменьшая  $P_1$ , мы придаем движению. - да, это действительно так, но перейдя рубеж идеального равновесия  $P_1; P_2$  начинает работать другая схема передачи, с других (СПО).

Эта схема рассмотрена отдельно, см. п.2.6.2.а.5.2.

## 2. $\Psi_{\text{абс обр}}$

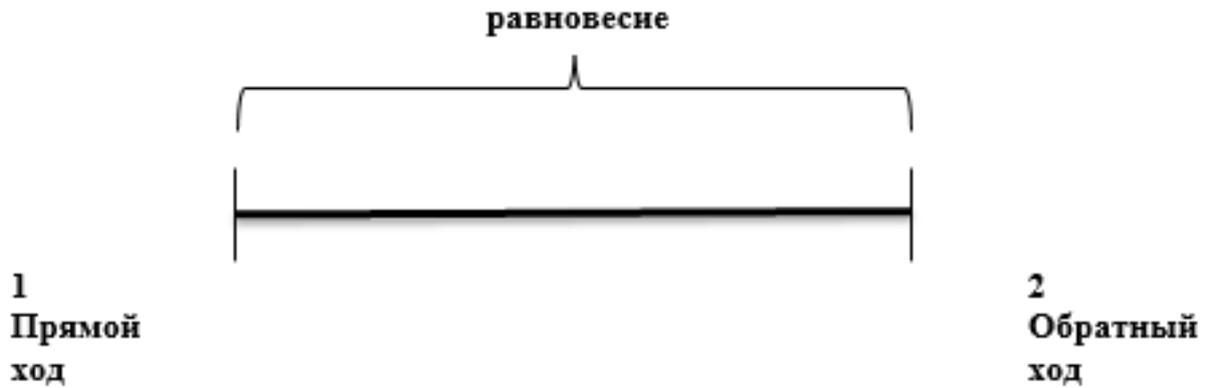


Рисунок 236. Графическое изображение

$\Psi_{\text{абс обр}}$  характеризует переход из т.1 в т.2 на Рис.236 и обратно, или из одной формы движения в другую. А так же передача самотормозящая на прямом ходе, то появятся коррективы:

Для данной системы, находящейся в режиме движения «обратный ход» (от  $P_1$  к  $P_2$ ):

А)  $\Psi_{\text{абс обр}}$  (увеличение  $P_1$  до перехода в противоположную форму движения :из «обратного» в «прямой ход») - не существует. Как, в общем-то, не существует и

$\Psi_{\text{абс обр}}^1$

Б)  $\Psi_{\text{абс обр}}^2$  или  $\Psi_{\text{абс тах}}^1$  (уменьшение  $P_2$  до перехода в прямой ход, который в данном случае имеет форму(название) отморазживания).

Имеем  $\Psi_{\text{абс}}^2 = P_1 * X_1 - P_2$  (уменьшение  $P_2$  до оттормаживания);

$P_2 * X_2 = P_1$  (обратный ход в наличии);

$$\Psi_{\text{абс тах}}^2 = P_2 * X_2 * X_1 - P_2$$

$$\Psi_{\text{абс тах}}^2 = P_2 (X_2 * X_1 - 1) \quad (373)$$

В)  $\Psi_{\text{абс обр}}^3$  и  $\Psi_{\text{абс обр}}^4$  здесь не рассматриваются, так как принадлежат к другому типу передач.

Г)  $\Psi_{\text{абс обр}}^1$  запас на увеличение  $P_1$  с переходом из обратного хода в прямой, - имеет смысл только для передач с не самоторможением.

Д)  $\Psi_{\text{абс обр}}^2$  запас на переход из обратного хода в прямой путем уменьшения  $P_2$ .

1.  $i = \frac{1}{\sin \beta}$  кинематическое передаточное отношение;

2.  $x = \sin \beta - f \cos \beta$  силовое передаточное отношение

3.  $\eta = 1 - f \operatorname{ctg} \beta$  коэффициент полезного действия

4.  $\beta_{\text{гр}} = \operatorname{arctg} f$  граница перехода в самоторможение

5.  $f_{\text{гр}} = \operatorname{tg} \beta$

6.  $\mu_x = f \cos \beta - \sin \beta$  силовой коэффициент торможения

7.  $\mu_{\eta=f \operatorname{ctg} \beta - 1}$  мощностной коэффициент отмораживания