# Практическое занятие №1

**Определение потребной длины взлетно-посадочной полосы для взлета в**

# расчетных условиях

Расчетные условия - местные условия расположения аэродрома (температура, давление воздуха) и характеристики его летной полосы (состояние поверхности и продольный уклон), на которые пересчитывают длину летной полосы, определенную для стандартных условий.

Стандартными условиями являются (СП 121.13330.2019 Аэродромы. СНиП 32-03-96): температура воздуха +15°С

атмосферное давление – 101,325 кПа относительная влажность воздуха - 0% высота над уровнем моря – 0 метров уклон ВПП – 0

# Определение потребной длины ВПП для взлета Л-410

**Дано**

|  |  |
| --- | --- |
| Максимальная взлетная масса | 5.7 тонн |
| Потребная длина ВПП для взлета в стандартных условиях |  |
| Высота ВПП над уровнем моря (в метрах) | H= 375 |
| Среднемесячная температура в 13 часов самого жаркого месяца в году |  |
| Средний продольный уклон ВПП |  |
| **Решение** |  |

Определим класс ВС – 4 класс (до 10тонн)

(1).

где - потребная длина ВПП для взлета в расчетных условиях

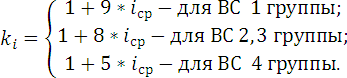
- поправочные осредненные коэффициенты

(2), где

- расчетная температура воздуха

- температура, соответствующая стандартной атмосфере при расположении аэродрома на высоте H над уровнем моря

|  |
| --- |
| (3). |
| …….(4) |
| (5) |
| (6) |
| Определим потребную длину ВПП для взлета Л-410. Используя формулы (3), (4), вычислим расчетную температуру и температуру, соответствующую стандартным условиям при расположении аэродрома на высоте H над уровнем моря, соответственно:  **=**    Поправочные осредненные коэффициенты находим по формулам (2), (5), (6):  = 1.07    Подставляя полученные данные в формулу (1) имеем: |





# Определение потребной длины ВПП для взлета Ан -24

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано** | |
| Максимальная взлетная масса | 21 тонна |
| Потребная длина ВПП для взлета в стандартных условиях |  |
| Высота ВПП над уровнем моря (в метрах) | H= 375 |
| Среднемесячная температура в 13 часов самого жаркого месяца в году |  |
| Средний продольный уклон ВПП |  |

**Практическое занятие №2**

# Определение потребной длины ВПП для посадки в расчетных условиях для

**самолета Л-410**

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано** | |
| Максимальная взлетная масса | 5.7 тонн |
| посадочная дистанция в стандартных условиях (в метрах) | 950 м |
| Высота ВПП над уровнем моря (в метрах) | H= 375 |
| Среднемесячная температура в 13 часов самого жаркого месяца в году |  |
| Средний продольный уклон ВПП |  |
| **Решение** |  |
| =1, 67 (1), где  - потребная длина ВПП для посадки в расчетных условиях | |
| **-** посадочная дистанция – это расстояние по горизонтали от точки на высоте 15 м над посадочной поверхностью до полной остановки ВС | |
| - для всех классов ВС (2) | |
| (3) | |
| (4) | |
| **Примечание:** = 19.47 град. согласно расчетов практического занятия №1 | |
| , для H<1000 м; (5) | |
| По формуле (2) имеем: | |
| По формуле (5) имеем: | |
| По формуле (4) имеем: | |
| По формуле (3) имеем = 1.06 | |
| Подставляя полученные данные в формулу (1) имеем: | |



# Определение потребной длины ВПП для посадки в расчетных условиях для

**самолета Ан-24**

|  |  |
| --- | --- |
| **Дано** | |
| Максимальная взлетная масса | 21 тонна |
| посадочная дистанция в стандартных условиях (в метрах) | 850 м |
| Высота ВПП над уровнем моря (в метрах) | H= 375 |
| Среднемесячная температура в 13 часов самого жаркого месяца в году |  |
| Средний продольный уклон ВПП |  |

# Практическое занятие №3

**Определение величины пропускной способности взлетно-посадочных полос Пропускная способность ВПП** - это способность элементов аэропорта обслуживать в

единицу времени определенное количество пассажиров самолетов (пассажиров, грузов) с

соблюдением установленных требований к безопасности полетов и уровню обслуживания пассажиров.

Существуют теоретическая, фактическая и расчетная пропускные способности ВПП. Рассмотрим теоретическую и расчетную пропускную способность.

**Теоретическая пропуская способность** определяется в предположении того, что взлетно-посадочные операции на аэродроме осуществляются непрерывно и через одинаковые интервалы времени, равные минимальным допустимым интервалам, установленным из условий обеспечения безопасности полетов. Для определения теоретической пропускной способности ВПП необходимо знать время занятости ВПП одним самолетом, совершающим взлет и посадку.

Время занятости ВПП находится с учетом правил производства полетов по приборам

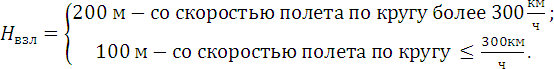
# ППП (правила полета по приборам) и ПВП (правила визуального полета).

**Правила визуальных полётов, ПВП** — совокупность авиационных правил и инструкций, предусматривающих ориентирование экипажа и выдерживание безопасных интервалов путём визуального (зрительного) наблюдения за линией естественного горизонта, ориентирами на местности и другими [воздушными судами](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%88%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%BE).

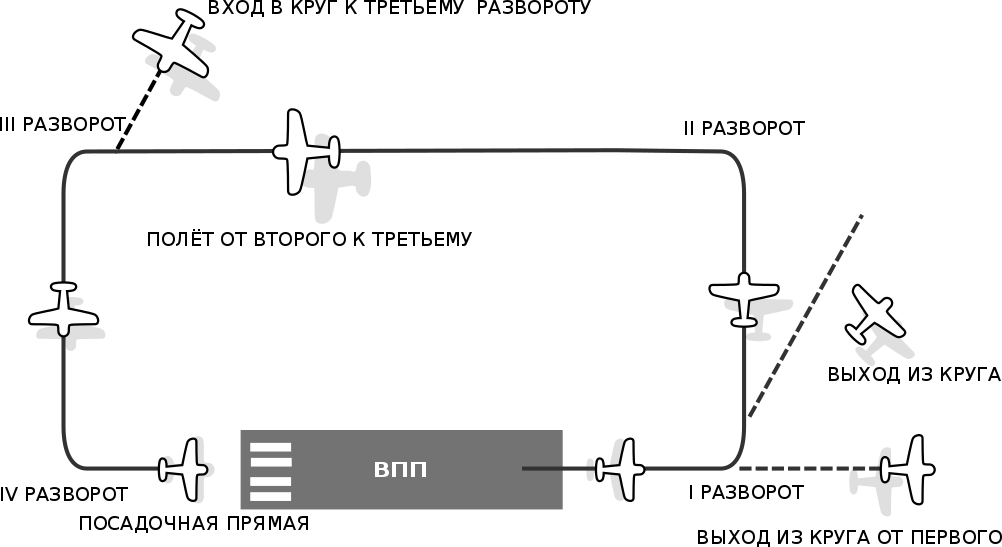
Противоположностью ПВП являются [**правила полётов по приборам**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%91%D1%82%D0%BE%D0%B2_%D0%BF%D0%BE_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BC) **ППП**, при применении которых местонахождение, пространственное положение и параметры полёта воздушного судна определяются по показаниям пилотажно-навигационных приборов, а безопасные интервалы выдерживаются по указанию диспетчера органа [Управления воздушным](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%88%D0%BD%D1%8B%D0%BC_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC)

[движением.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%88%D0%BD%D1%8B%D0%BC_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC)

# Время занятости складывается из:

* 1. занятие ВПП при взлете - начало руления самолета на исполнительный старт с места ожидания, расположенного на рулежной дорожке;
  2. освобождение ВПП после взлета - момент пролета самолетом торца полосы ВПП при полетах по ПВП (правилам визуальных полетов) или момент набора высоты **Н взл.** при полетах по ППП:

(1).



Полёт по кругу («полёт по коробочке») — полёт по установленному маршруту (обычно прямоугольному) в районе аэродрома для отработки взлёта, захода, расчёта на посадку и посадки, а также для ухода и подхода к аэродрому. Является важной частью [захода на посадку](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D1%85%D0%BE%D0%B4_%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B0%D0%B4%D0%BA%D1%83) и УТП (учебно-тренировочных полётов).

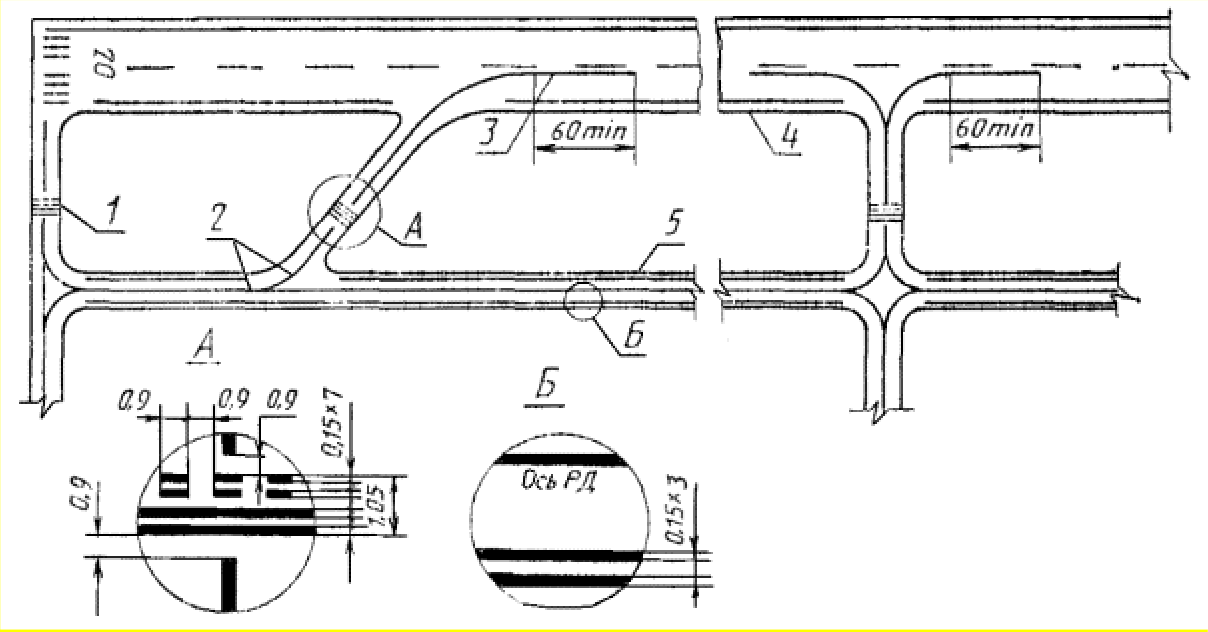
* 1. занятие ВПП при посадке - момент достижения самолетом высоты принятия решения;
  2. освобождение ВПП после посадки - момент выруливания самолета за боковую границу ВПП на рулежную дорожку.

# Таким образом, время занятости ВПП при взлете определяется как:

**(2),**

где - время руления с места ожидания, расположенного на рулежной дорожке, на исполнительный старт;

* + время на операции, выполняемые на исполнительном старте;
    - время разбега;
    - время разгона и набора установленной высоты Н взл. .



# Основные операции на исполнительном старте:

1. Самолет выравнивается по осевой линии разметки полосы и ставится на тормоз.
2. Закрылки приводятся во взлетное положение.
3. Включаются фары (Большой свет).
4. КВС запрашивает разрешение на взлет.
5. После получения разрешения на взлет, борт инженер переводит [р](http://www.bolshoyvopros.ru/web/url.cgi?l=https%3A%2F%2Fwww.avsim.su%2Fwiki%2F%25D0%25A0%25D0%25A3%25D0%2594&src=a&cs=e7e9b6cd25d8e4eb066de56592b2bc9c&id=5930379)ежим управления двигателя на взлетный режим, отпускаются тормоза, самолет начинает разгон по полосе.

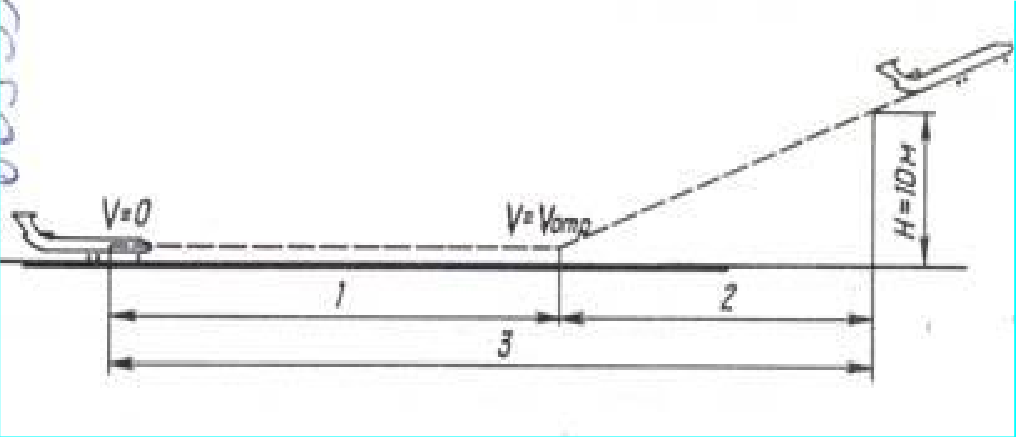


Схема взлета самолета: 1 – разбег; 2 – разгон с набором высоты; 3 – взлетная дистанция

**Длиной разбега** называют расстояние, проходимое самолетом от места старта до точки

в которой самолет достигает скорости отрыва.

После отрыва от земли начинается следующий этап взлета: **разгон самолета** с набором высоты 10 м и одновременным увеличением скорости полета.

**Взлетной дистанцией** называется расстояние по горизонтали, проходимое самолетом от момента страгивания с линии старта до момента набора высоты 10 м (над уровнем ВПП относительно точки отрыва самолета) с одновременным достижением скорости не менее скорости, безопасной для последующего набора высоты.

# Время занятости ВПП при посадке определяется как:

Tпос=tпл + tпроб+ t’’рул (или tгл) **(3)**,

где - время движения самолета от начала планирования с высоты принятия решения до момента приземления;

**Высотой принятия решения (ВПР)** называют установленную относительную высоту, на которой должен быть начат маневр ухода на второй круг в случаях, если до достижения этой высоты КВС не был установлен необходимый визуальный контакт с ориентирами для продолжения захода на посадку и если положение ВС в пространстве относительно заданной траектории полета не обеспечивает безопасность посадки.

дорожку;





* время пробега от момента приземления до начала отруливания на рулежную
* время отруливания за боковую границу ВПП;

- время снижения по глиссаде.

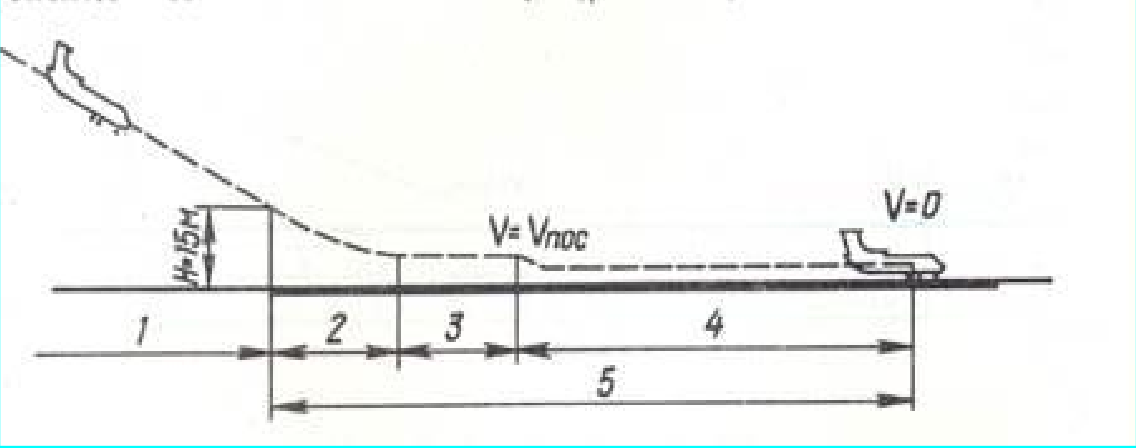


Схема посадки самолета: 1 – снижение по глиссаде; 2 – выравнивание; 3 - выдерживание; 4 – пробег; 5 – посадочная дистанция

1. На некоторой высоте самолет входит в глиссаду, по которой происходит дальнейший его полет. Этот этап посадки носит название **снижения по глиссаде** или планирования по глиссаде.

**Глисса́да** (от [фр.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%83%D0%B7%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) glissade — букв. «скольжение»; производное от glisser —

«скользить») — траектория полёта летательного аппарата, по которой он снижается, в том

числе — непосредственно перед посадкой. Стандартная глиссада начинается на высоте 400 метров и заканчивается на высоте 15 метров.

1. Далее следует **этап выравнивания**. На этапе выравнивания самолету постепенно придается посадочный угол атаки, происходит уменьшение угла наклона его траектории полета, а вертикальная и горизонтальная составляющие скорости достигают значений, обеспечивающих мягкое приземление самолета.
2. В конце участка выравнивания иногда имеется небольшой **участок выдерживания**, на котором траектория полета самолета имеет очень небольшой наклон (0,5-0,8 градусов). Выдерживание самолета необходимо для того, чтобы самолет приземлился с наименьшей возможной скоростью. Когда подъемная сила вследствие снижения скорости полета станет равной силе тяжести самолета или даже несколько меньше ее, самолет начинает проваливаться (парашютировать) и, наконец, касается колесами земли (приземляется).

Горизонтальная составляющая скорости самолета **в момент касания колесами земли** называется посадочной скоростью самолета. С этого момента **начинается последний этап посадки самолета - пробег**.

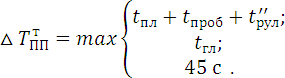
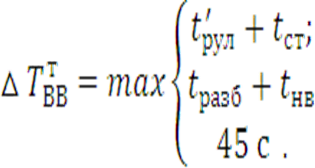
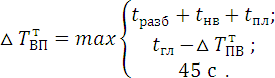
**Длиной пробега** называют расстояние, пройденное самолетом от точки приземления до его полной остановки.

**Посадочная дистанция** - расстояние по горизонтали, проходимое самолетом при посадке с момента пролета высоты 15 м (от уровня ВПП относительно точки приземления самолета) до момента его полной остановки после пробега. Обычно до окончания пробега самолет отруливает с ВПП при некоторой скорости движения.

Далее определим минимальные теоретические временные интервалы между следующими друг за другом взлетно - посадочными операциями. Для этого необходимо учитывать правила УВД:

1. самолет начинает выруливать с места ожидания на исполнительный старт, когда предыдущий взлетающий самолет начинает разбег;
2. самолет начинает выруливать с места ожидания на исполнительный старт, когда приземляющийся самолет пролетает перед рулежной дорожкой, на которой размещается место ожидания;
3. самолет начинает разбег в момент освобождения ВПП предыдущим взлетающим или садящимся самолетом;
4. к моменту пролета высоты принятия решения садящимся самолетом ВПП должна быть свободна;
5. минимальное расстояние между снижающимися самолетами на глиссаде при полетах по ПВП - 2 км, при полете по ППП - 5 км;
6. минимальный временной интервал между последовательными взлетами или посадками принимается не менее 45 с.

# Таким образом, минимальный временной интервал между смежными взлетно- посадочными операциями определяется как наибольший из следующих расчетных условий:

1. между последовательными взлетами: (4).
2. между последовательными посадками: (5)
3. между посадкой и последующим взлетом: (6).
4. между взлетом и последующей посадкой: (7).

где

*t гл*

- минимальный интервал времени между следующими друг за другом

посадками самолетов, определяемый из условий минимально допустимых расстояний между самолетами на участке снижения по глиссаде.

Таким образом, теоретическая пропуская способность ВПП при эксплуатации однотипных самолетов для случаев:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1)  последовательные взлеты | 2)  последовательные посадки | 3) посадка -  взлет | 4) взлет -  посадка |
| ; (8) | ; (9) | ;  (10) | .  (11) |

* 1. Самолет Л-410

|  |  |
| --- | --- |
| длина разбега в стандартных условиях | 630 м |
| l (0) проб – длина пробега в стандартных  условиях | 650 м |
| длина пути руления самолета от места ожидания на предварительном старте до места  исполнительного старта | 125 м |
| расстояние от торца ВПП до точки приземления | 300 м |
| расстояние от БПРМ (ближнего приводного радиомаяка) до торца ВПП | 1000 м |
| скорость руления | 7 м/с |
| V 2 рул. скорость отруливания с ВПП на РД. | 7 м/с – обычная соединительная РД  22 м/с – РД скоростного хода |
| скорость отрыва в стандартных условиях | 47,22 м/с (170 км/ч) |
| вертикальная составляющая скорости на траектории начального набора высоты | 5 м/с |
| скорость планирования | 175 км/ч (48,61 м/с) |
| посадочная скорость | 165 км/ч (45,83 м/с) |
| V полета по кругу | 220 км/ч |
| t ст время на операции на исполнительном  старте | 28 с |
| угол примыкания РД к ВПП | 90 градусов – обычная РД  40 градусов – РД скоростного хода |

|  |  |
| --- | --- |
| *BВПП*  ширина ВПП (аэродром класса «Г») | 35 м |
| Kt | 1.07 |
| Kp | 1.09 |
| Ki | 1.07 |
| Δ | 0.94 |

Примечание: (перевод км/ч в м/с)

Пример: 175 км/ч = 175000м/ч=175000/3600(м/с) = 48.6 м/с

Для этого определим временные характеристики взлетно-посадочных операций. В соответствии с формулой (2):

;

(12),

где - длина пути руления самолета от места ожидания на предварительном старте до места исполнительного старта,

- скорость руления.



(13),

где - длина разбега в стандартных условиях,

- скорость отрыва в стандартных условиях.

.

При полетах до ППП до набора :

(14),

где - высота освобождения ВПП,

высоты.

- вертикальная составляющая скорости на траектории начального набора

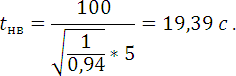
# Так как скорость полета по кругу для рассматриваемого самолета - 220 км/ч (что

**меньше 300 км/ч), то**

*Hвзл*

 100

# м.



По формуле (12) имеем:

.

В соответствии с формулой (3): Tпос=tпл + tпроб+ t’’рул (или tгл) При полетах по ППП:

(15)

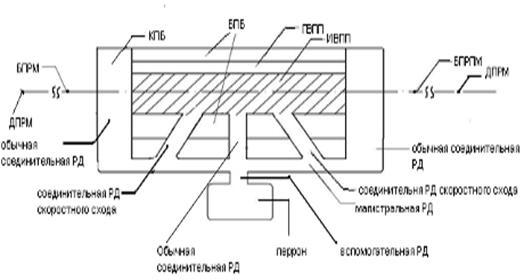
=99,73 c.

(16),

где - расстояние от БПРМ до торца ВПП,

* расстояние от торца ВПП до точки приземления,
* скорость планирования,

- посадочная скорость.



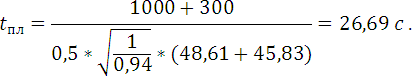
**Приводная радиостанция (ПРС), приводной радиомаяк (ПРМ)** — наземный [радиопередатчик](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA) ненаправленного излучения, размещённый в точке с известными координатами и предназначенный для определения [курсового угла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB) воздушного судна, а также трансляции речевых сообщений по каналу «земля — борт».

Приводная радиостанция излучает незатухающие высокочастотные колебания, модулированные сигналом опознавания (идентификации радиомаяка) или речевым сообщением. Сигналы опознавания передаются [кодом Морзе](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B7%D0%B1%D1%83%D0%BA%D0%B0_%D0%9C%D0%BE%D1%80%D0%B7%D0%B5) частотно-модулированными колебаниями. [Диапазон рабочих частот](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%BD_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82) ПРС охватывает участок от 120 [кГц](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%93%D1%86) до 1950 кГц.

Приводные радиостанции входят в обязательный комплект наземного [радионавигационного](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F) оборудования многих аэродромов в составе оборудования системы посадки (ОСП). Включает в себя по две станции для каждого курса посадки — дальний приводной радиомаяк (ДПРМ) и ближний приводной радиомаяк (БПРМ). Каждое направление посадки имеет особенные позывные ДПРМ и БПРМ.

**ДПРМ размещается приблизительно в 4000** [**м**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80) **от торца** [**ВПП,**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B7%D0%BB%D1%91%D1%82%D0%BD%D0%BE-%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%B0%D0%B4%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%B0) **БПРМ — приблизительно в 1000 м от торца ВПП**. Дальность действия ДПРМ при работе на привод по

[радиокомпасу](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D1%81) составляет не менее 150 [км](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80), БПРМ — не менее 50 км. Мощность излучения устанавливается такой, чтобы погрешность определения курсовых углов с помощью радиокомпаса на борту воздушного судна не превышала ±5º.



(17),

-расстояние от торца ВПП до точки пересечения осей ВПП и РД, на которую

отруливает самолет;

*T* - расстояние от точки начала траектории схода на РД до точки пересечения осей ВПП и РД;

- скорость отруливания с ВПП на РД.

(18),

где - угол примыкания РД к ВПП,

- радиус схода самолета с ВПП на РД,

(19),

(20),

где - коэффициент, учитывающий снижение скорости.

(21), где **α** рад. = **α\* π** /180

Где

*BВПП*

- ширина ВПП.

(22),

Так как аэродром класса Г, то . Рассмотрим 2 случая:

# самолет отруливает с ВПП на обычную соединительную РД.

Тогда  = 7 м/с, =1, 

По формуле (22) получаем:

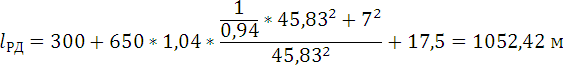
 90∘ .

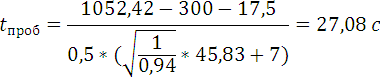
*м*

В соответствии с формулой (18) имеем:

*м*

Исходя из формулы (19) находим:





По формуле (21) находим:



Подставим полученные результаты в формулу (20) имеем:

= .

Следовательно, из формулы (3) получаем:

Tпос =26.69+27.08+3.93 (или 99.73) = 57,7 (или 99.73)

# самолет отруливает с ВПП на соединительную РД скоростного схода.

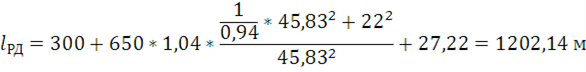


Тогда =22 м/с, =0,9, .

По формулам (22), (18), (19) соответственно имеем:

*м*.

*м.*



По формуле (17) получаем:

.



Т.к. РД примыкает к ВПП под углом , то . По формуле (21):

.

Таким образом, подставляя полученные данные в формулу (20), получаем:

= .

В результате получаем:

Tпос=26,69+25.26+2.64 (или 99.73) = 54.59 (или 99.73)с.

**По формуле (4) определим интервал между последовательными взлетами.** Этот временной интервал рассчитывается одинаково как для обычной соединительной РД, так и скоростной:



# По формуле (5) определим интервал между последовательными посадками:

* 1. для обычной СРД:



* 1. для СРД скоростного схода:

с *-* как для обычной, так и для скоростной РД.

# По формуле (6) определим интервал между посадкой и последующим взлетом:

1. для обычной СРД:



1. для СРД скоростного схода:



- как для обычной, так и для скоростной РД.

**По формуле (7) определим интервал между взлетом и последующей посадкой.** Этот временной интервал рассчитывается одинаково как для обычной соединительной РД, так и скоростной:



# Таким образом, на основе полученных данных получаем теоретическую пропускную способность ВПП при эксплуатации самолета Л-410 для случаев:

1. последовательные взлеты:

=69,66 (8)

1. последовательные посадки:

(9)

3) посадка - взлет



(10)

4) взлет - посадка

(11)

# Практическое занятие №4

**Расчет теоретической пропускной способности для самолета Ан-24**

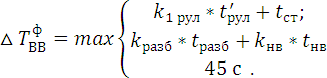
|  |  |
| --- | --- |
| длина разбега в стандартных  условиях | 630 м |
| l (0) проб – длина пробега в стандартных условиях | 550 м |
| длина пути руления самолета от места ожидания на предварительном старте  до места исполнительного старта | 125 м |
| расстояние от торца ВПП до точки приземления | 300 м |
| расстояние от БПРМ (ближнего приводного радиомаяка) до торца  ВПП | 1000 м |
| скорость руления | 7 м/с |
| V 2 рул. скорость отруливания с ВПП на  РД. | 7 м/с – обычная соединительная  РД    (Kv=1; =90 град.)  22 м/с – РД скоростного хода (Kv=0.9; =40 град.) |
| скорость отрыва в стандартных  условиях | 185 км/ч |
| вертикальная составляющая скорости на траектории начального набора | 10 м/с |

|  |  |
| --- | --- |
| высоты |  |
| скорость планирования | 175 км/ч |
| посадочная скорость | 165 км/ч |
| V полета по кругу | 290 км/ч |
| t ст время на операции на  исполнительном старте | 42.5 с |
| угол примыкания РД к ВПП | 90 градусов – обычная РД  40 градусов – РД скоростного  хода |
| *BВПП*  ширина ВПП (аэродом класса  «Г») | 35 м |
| Kt | 1.07 |
| Kp | 1.09 |
| Ki | 1.11 |
| Δ | 0.94 |

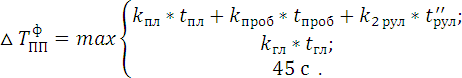


# Практическое занятие №5 Расчетная пропускная способность Л-410

Из-за влияния случайных факторов интервалы времени на различные операции оказываются фактически больше или меньше теоретических. По статистике определен ряд коэффициентов, позволяющих переходить от теоретических к фактическим интервалам времени. Выражения для временных интервалов с учетом указанных коэффициентов:

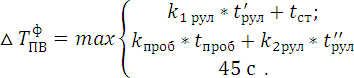
1. интервал между последовательными взлетами:

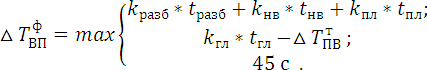
; (1)

1. интервал между последовательными посадками:

(2)

3) интервал между посадкой и последующим взлетом:

(3)

4) интервал между взлетом и последующей посадкой:

(4)

Значения коэффициентов принимаются:



*K разб. = 1,25 K проб. = 0.95*





.

Из-за неравномерности движения ВС возникает очереди на взлет и посадку, что вызывает расходы авиакомпаний. Очереди можно сократить за счет строительства дополнительных ВПП, но это также требует затрат. Существует некоторая оптимальная длина очереди, минимизирующая затраты. Доказано, что этой длине соответствует оптимальное

*T*  4

*опт*

время ожидания мин. Расчетная пропускная способность ВПП должна обеспечивать

выполнение *Tопт* . Таким образом, расчетная пропускная способность ВПП при эксплуатации однотипных самолетов для случаев:

1) последовательные взлеты:

(5)

2) последовательные посадки:

(6)

3) посадка - взлет:

(7)

4) взлет - посадка:

(8)

Так как взлеты и посадки происходят в случайной последовательности, то расчетная пропускная последовательность для общего случая определяется как:

(9)

где - коэффициенты, определяющие долю различных случаев чередования операций. По статистике:



Для случая эксплуатации различных типов ВС:

П= (10)

где i - тип рассматриваемого самолёта;

*Pi*

самолетов;

- доля интенсивности движения ВС *i* типа в общей интенсивности движения

n - число типов самолетов, обслуживаемых в аэропорту.

# Самолет Л-410

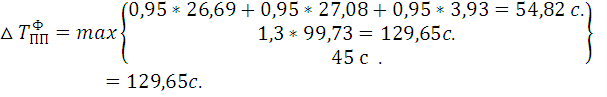
Рассчитаем расчетную пропускную способность для самолета Л-410 для следующих случаев:

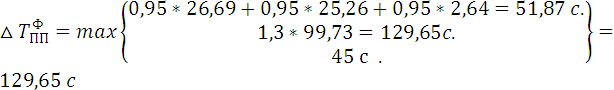
1. последовательные взлеты:



Данный интервал одинаковый и для обычной СРД, так и для СРД скоростного схода.

1. последовательные посадки:
   1. обычная СРД:



* 1. скоростная СРД:

.

Таким образом, для обеих РД.

* 1. посадка - взлет:
     1. для обычной СРД:

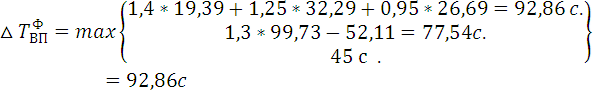


* + 1. для СРД скоростного схода:

- для обеих РД.

* 1. взлет - посадка:

Этот временной интервал рассчитывается одинаково как для обычной СРД, так и скоростной:



# Таким образом, расчетная пропуская способность ВПП при эксплуатации самолета Л-410 для случаев:

* + 1. последовательные взлеты:



* + 1. последовательные посадки:



* + 1. посадка - взлет:



* + 1. взлет - посадка:



# По формуле (9) посчитаем пропускную способность для общего случая:

*.*

# Практическое занятие №6 Расчетная пропускная способность Ан-24

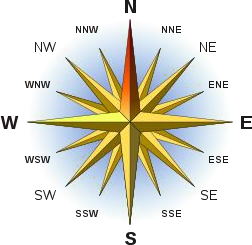
Подробная методика и порядок расчетов рассмотрен на практическом занятии №5

**Практическое занятие №7 Определение направления летной полосы**

Число и направление ВПП зависит от ветрового режима. Ветровой режим - повторяемость ветров определенных направлений и силы.

При определении ветрового режима используем 2 допущения:

1) К каждому из 4-х румбов (Север, Северо-восток, Восток, Юго-Восток) относем все ветры, дующие в пределах прилегающих к нему полусекторов с величиной угла 22,5 градуса.



Роза румбов на 16 делений (1 деление – 22,5 градуса)

Румб (от [греч.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) ῥόμβος — юла, волчок, круговое движение) — в морской терминологии 1/32 полной [окружности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C), а также одно из делений [картушки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D1%82%D1%83%D1%88%D0%BA%D0%B0) [компаса](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D1%81) (расчерченной на 32 части) и соответственно - одно из направлений относительно [севера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D1%80).

2). В пределах каждого сектора скорость и повторяемость ветров будем считать распределенной равномерно.

В отношении ВПП вектор скорости ветра может быть разложен на две составляющие: продольную , боковую .

Взлет и посадка выполняются, как правило, против . Величина для каждого типа самолета имеет ограничение.

Для каждого класса аэродрома установлены расчетные скорости бокового ветра

.

Они приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Расчетные скорости бокового ветра

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Класс АД | А, Б, В, | Г, Д | Е |
|  | 12 | 8 | 6 |

Аэродром открыт для полетов в том случае, когда

; W\*sin



(1)

где - максимально допустимое значение угла между направлением ВПП и направлением ветра, дующего со скоростью *W* .

При можно выполнять полеты при любом ветре. Необходимо выбрать направление ВПП, обеспечивающее наибольшее время ее использования.

Вводится понятие коэффициента ветровой загрузки ( ) - это повторяемость ветров, при которой боковая составляющая скорости ветра не превышает расчетной величины для данного класса аэродрома.

(2)

где - повторяемость ветров направления  , дующих со скоростью от 0 до

;

- повторяемость ветров направления  , дующих со скоростью выше

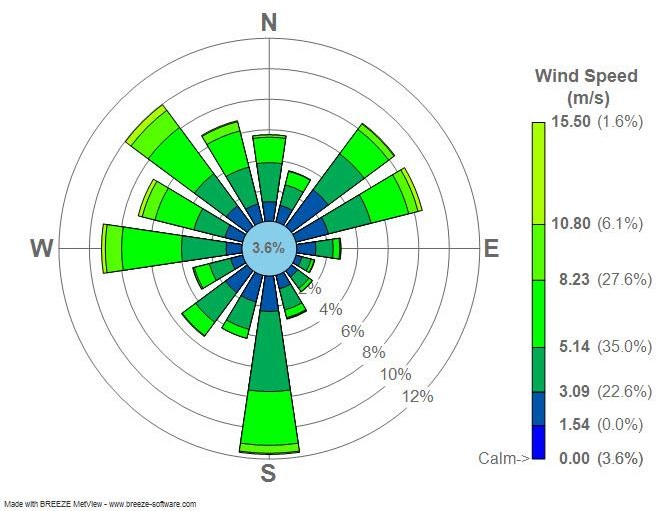
.

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Класс АД | А, Б, В, | Г, Д | Е |
| Минимальная ветровая  загрузка, % | 98 | 95 | 90 |

На практике ветровая загрузка рассчитывается по данным розы ветров для 8 или 16 румбов с использованием данных наблюдений ближайшей к аэродрому метеорологической станций за возможно длительный период, но не менее чем за 5 лет.

Роза ветров — векторная диаграмма, характеризующая в метеорологии и климатологии режим ветра данном месте по многолетним наблюдениям. Выглядит как многоугольник, у которого длины лучей, расходящихся от центра диаграммы в разных направлениях (румбах горизонта), пропорциональны повторяемости ветров этих направлений («откуда» дует ветер).



На диаграмме роза ветров аэропорта Ла-Гуардиа (Нью-Йорк)

Если по местным условиям не удается разместить ВПП так, чтобы обеспечить

*Kвз* , то

требуется строительство вспомогательной ВПП. Вспомогательная ВПП строится под углом

к основной и длиной, меньшей чем основная ВПП.

Так как обычно ВПП используется для взлетов и посадок в 2 противоположных направлениях, то при выборе направления ВПП складывают повторяемость ветров по взаимно противоположным направлениям и строят совмещенную таблицу ветрового режима.

В нашем случае таблица ветрового режима выглядит так: Таблица 3 - Таблица ветрового режима

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| W, м/с | повторяемость в направлениях, % | | | | Суммарная повторя- емость по скорости, % |  max по  скорости, град. |
| С-Ю | СВ-ЮЗ | В-З | СЗ-ЮВ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0-6 | 10,2 | 3,7 | 2 | 17,6 | 33,5 | 90 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 6-9 | 3,1 | 7,6 | 4,9 | 16,2 | 31,8 | 90 |
| 9-12 | 3,4 | 14,3 | 4,7 | 5 | 27,4 | 90 |
| 12-15 | 0,3 | 2 | 1,1 | 0,8 | 4,2 | 53 |
| 15-18 | 0,2 | 1,5 | 0,5 | 0,9 | 3,1 | 42 |
| Суммарная повторяемость по направ-  лениям | 17,2 | 29,1 | 13,2 | 40,5 | 100 |  |
|  | 0,5 | 3,5 | 1,6 | 1,7 | 7,3 |  |

Так как аэродром класса А, то в соответствии с таблицей 1 *WБрасч*  12

1. По формуле 1 посчитаем для скоростей ветра 12-15,15-18.

;

;

м/с.

1. Наибольшую повторяемость ветры большой скорости ( ) имеют в направлении СВ-ЮЗ. Следовательно, ЛП нужно ориентировать близко к этому направлению.
2. Найдем .

# Для начала определим повторяемость ветров, дующих со скоростью 0-12 м/с:



=33,5 + 31,8+ 27,4= 92,7 %.

# Определим повторяемость ветров, дующих со скоростью 12-15 м/с:



= 2, 95 %.

# Определим повторяемость ветров, дующих со скоростью 15-18 м/с:



0,5\* = 1,8 %.

# Рассчитаем по формуле 2 значение :

=92,7+ 2,95 + 1,8= 97,45 %

меньше нормативного (97,45<98).

Следовательно, необходимо строительство вспомогательной ВПП под углом в направлении СЗ-ЮВ.

# Практическое занятие №8 Расчет пропускной способности аэровокзала

Потребную пропускную способность аэровокзала определяют в зависимости от прогнозируемого пассажиропотока в соответствии с действующими нормами проектирования.

Ниже рассмотрены два метода расчета часовой пропускной способности. Первый из них используется при проектировании аэровокзалов Российской Федерации, второй метод рекомендован к использованию в США службой FAA.

**Метод I**

Часовая пропускная способность связана с годовой пропускной способностью соотношением

Пч = (Пг/Т\*Тс) \* Кс\* Кч (1),

где ПЧ – расчетная часовая пропускная способность (часовой пассажиропоток), пас/ч;

ПГ – расчетный (прогнозируемый) годовой пассажиропоток, пас/год; определяется как сумма потоков пассажиров всех категорий (первоначальных, транзитных, трансферных, конечных)

Т – время работы аэровокзала в течение года, сутки; ТС – время работы аэровокзала в течение суток, ч;

КС – коэффициент суточной неравномерности пассажиропотока; КЧ – коэффициент часовой неравномерности.

Величины КС и КЧ определяются в результате обработки статистических данных по объемам пассажироперевозок за несколько последних лет соответствующими службами аэропорта. Для различных аэропортов они имеют различные значения и колеблются в пределах: KC 1*.*5  3*.*5*;* KЧ 1*.*7  4*.*0*.*

**Пример 1.** Рассчитать потребную часовую пропускную способность пассажирского аэровокзала, если по результатам обработки статистических данных известно, что за 2001 год им обслужено 1200 тыс. первоначальных, 250 тыс. транзитных, 230 тыс. трансферных, 1350 тыс. конечных пассажиров. Аэровокзал работает круглосуточно в течение всего года. Коэффициенты часовой и суточной неравномерности имеют величины 1,6 и 2,4 соответственно.

# Решение

Годовой пассажиропоток: ПГ= 1200000 + 250000 + 230000 + 1350000 = 3030000 пас/год. Рассматриваемый год (2001) не является високосным, поэтому Т = 365 сут.

Аэровокзал работает круглосуточно, следовательно Тс= 24 ч. Далее по формуле (1) определяем искомую величину:

Пч = (Пг/Т\*Тс) \* Кс\* Кч = (3030000/24 \* 365)\* 2.4 \*1.6 = 1328 пас / ч.

# Метод II

Часовая пропускная способность связана следующей зависимостью с годовой пропускной способностью: Пч =( Кп/100)\* Пг

где Кп – коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от ПГ и определяется по табл. 1

|  |  |
| --- | --- |
| ПГ , тыс. пас/г | Кп |
| < 100 | 0.120 |
| 100-500 | 0.065 |
| 500-1000 | 0.050 |
| 1000-10000 | 0.040 |
| 10000-20000 | 0.035 |
| > 20000 | 0.030 |

**Пример 2.** Для исходных данных предыдущего примера рассчитать вторым методом потребную часовую пропускную способность пассажирского аэровокзала.

# Решение

Для подсчитанной выше величины Пг = 3030000 пас/год по табл. 1 определяется значение коэффициента Кп = 0.040. Далее по формуле 2:

Пч = (0.04/100) \* 3030000 = 1212 пасс/ч

Первый метод дает, как правило, более точную оценку, но требует предварительной обработки большого объема статистических данных с целью определения суточного и часового коэффициентов неравномерности. В случае, когда известны величины пассажиропотоков в течение каждого месяца и пиковое значение часового пассажиропотока, первый из указанных коэффициентов определяется по формуле:

Кс = Пс макс./Пс ср. (3)

где Пс макс. - максимальный суточный пассажиропоток – максимальное количество пассажиров, обслуженных в аэровокзале в течение одних суток рассматриваемого года, пас/сут; Пс ср. - среднесуточный пассажиропоток – среднее количество пассажиров,

обслуженных в аэровокзале в течение одних суток рассматриваемого года, пас/сут.

Для определения коэффициента часовой неравномерности используется выражение: Кч = Пч/Пч ср. (4)

где Пч ср. - средний часовой пассажиропоток в сутки месяца пика, пас/ч.

Входящие в выражения (3)-(4) величины Пс макс., Пс ср и Пч.ср. определяются по формулам:

Пс макс. = Пм макс./Nм Пс ср. = Пг/Т

Пч ср. = Пс макс/Тс

где Пм макс. - максимальный месячный пассажиропоток - максимальное количество пассажиров, обслуженных в аэровокзале в течение месяца рассматриваемого года, пас/мес;

Nм - число дней месяца пика пассажиропотока.

Найденные по описанным формулам значения коэффициентов неравномерности могут

быть в дальнейшем использованы для прогнозирования величин потребной часовой пропускной способности.

**Пример 3**. Определить значения коэффициентов суточной и часовой неравномерности пассажиропотока Международного аэропорта Курумоч в 1999 году. Если известно, что максимальное количество обслуженных в аэропорту пассажиров в течение часа было зарегистрировано 27 августа, оно составило 567 человек. Сводные данные по пассажироперевозкам приведены в табл. 2.

Показатели работы Международного аэропорта Курумоч за 1999 год

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Месяц | Пассажиропоток, чел | Месяц | Пассажиропоток, чел |
| Январь | 55400 | Август | 112000 |
| Февраль | 59300 | Сентябрь | 86100 |
| Март | 63000 | Октябрь | 74300 |
| Апрель | 65200 | Ноябрь | 64100 |
| Май | 68900 | Декабрь | 67700 |
| Июнь | 86200 |  |  |
| Июль | 101000 | Всего | 932000 |

# Решение

Анализ исходных данных позволяет определить величины: Пч = 567 пас/ч,

Пг = 932000 пас,

Т = 365 сут (1999 год не високосный),

ТС = 24 ч (аэропорт работает круглосуточно),

Пм макс = 112000 пас (наибольшая величина месячного пассажиропотока, соответствующая августу),

Nм = 31cут (число дней в августе – месяце с наибольшим пассажиропотоком). Далее по формулам (3)-(5) определяем:

максимальный суточный пассажиропоток Пс макс. = 112000/31 = 3613 пас./сут среднесуточный пассажиропоток Пс ср = 932000/365= 2553.4 пас./сут коэффициент суточной неравномерности Кс = 3613/2553.4 = 1.41

средний часовой пассажиропоток в сутки месяца пика Пч ср. = 3613/24 = 150.5 пас/ч коэффициент часовой неравномерности Кч = 567/150.5 = 3.77

Таким образом, для Международного аэропорта Курумоч искомые величины Кс = 1.41, Кч = 3.77.