

Посадка самолета

(«Практическая аэродинамика и динамика полета» П.Т. Бехтир, глава 8)

1. Общие сведения о посадке

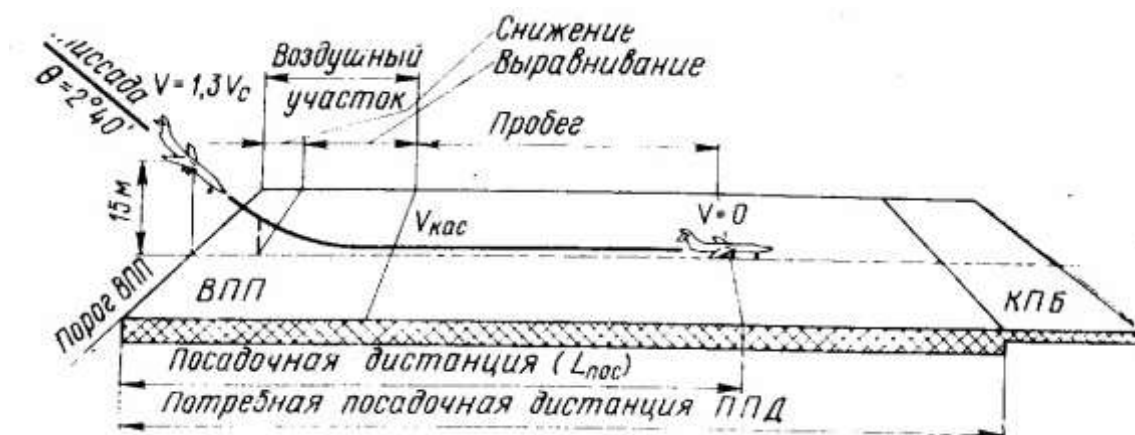
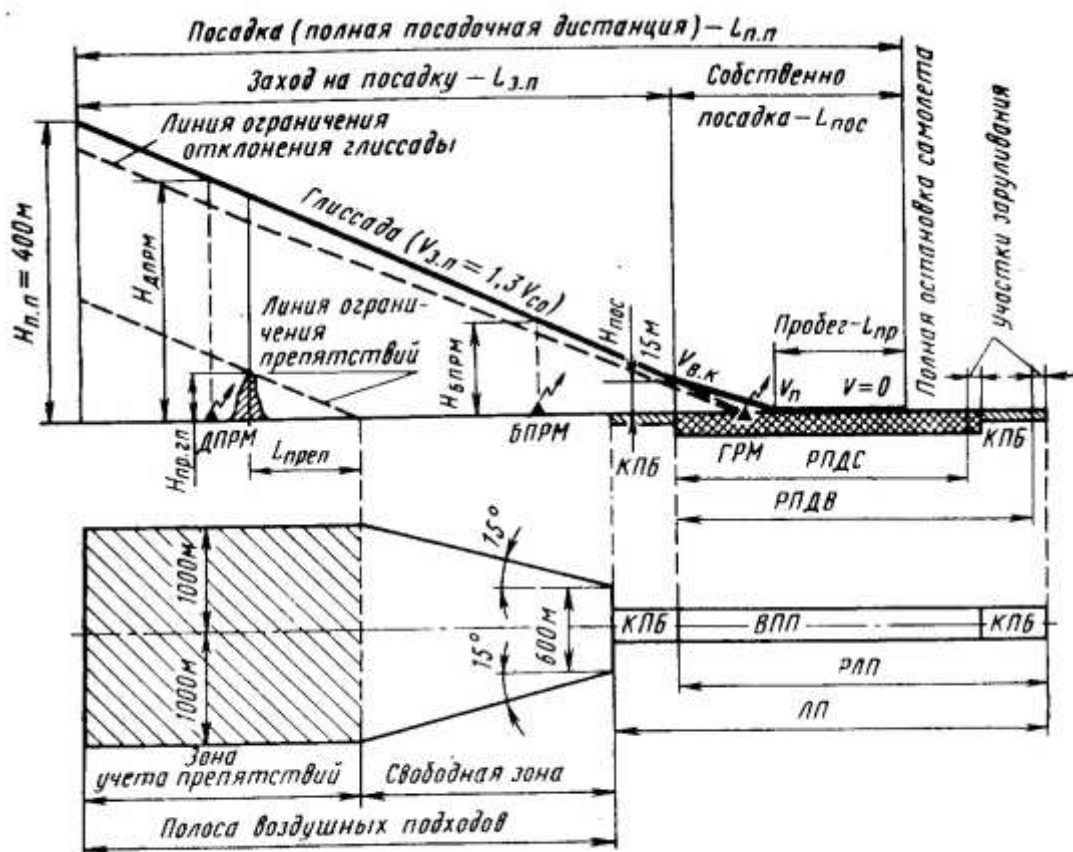


Рисунок 1

Фактическая посадочная дистанция $L_{\text{пос}}$ – расстояние по горизонтали, проходимое самолетом с момента пролета высоты 15 м (над уровнем ВПП в точке ожидаемого касания самолета) при посадке до момента полной его остановки после пробега по ВПП.

Длина пробега $L_{\text{пр}}$ – расстояние по горизонтали, проходимое самолетом с момента касания до момента полной его остановки на ВПП.

В соответствии с нормами летной годности фактическая посадочная дистанция на аэродроме назначения должна составлять не более 60% (коэффициент запаса 1,67) располагаемой посадочной дистанции, а на запасном аэродроме - не более 70% (коэффициент запаса 1,43).



РПДС—располагаемая посадочная дистанция на сухой ВПП; РПДВ—влажной ВПП

Рисунок 2

Снижение самолета на глиссаде и при подходе к высоте 15м (торцу ВПП) в соответствии с нормами летной годности производится на скорости не менее $V_{зп} = 1,3 V_{co}$, где V_{co} – скорость сваливания в посадочной конфигурации самолета, а $V_{зп}$ – скорость захода на посадку (в РЛЭ она обозначена $1,3 V_c$).

2. Заход на посадку, посадка и уход на второй круг

Рассмотрим аэродинамические основы посадки.

В процессе выравнивания C_y увеличивается вследствие увеличения угла атаки и частично в результате влияния близости земли

В момент приземления подъемная сила самолета равна посадочному весу:

$$Y = C_y \frac{\rho V^2}{2} S = G$$

Посадочная скорость из этого выражения будет:

$$V_{пос} = \sqrt{\frac{2G}{C_{y_{пос}} \rho S}}$$

После приземления самолет опускается на переднюю опору шасси, угол атаки его уменьшается. Выпуск гасителей подъемной силы вызывает дополнительное уменьшение C_y .

Увеличивается сила давления колес шасси на ВПП, увеличивается сила трения и повышается эффект тормозов. Выпуск гасителей подъемной силы и тормозящих щитков вызывает значительное увеличение коэффициента C_x и силы лобового сопротивления самолета. Применение реверса тяги двигателей дополнительно увеличивает тормозящие силы самолета.

Таким образом, вследствие применения закрылков и предкрылков $C_{у\text{пос}}$ значительно увеличивается, а посадочная скорость уменьшается. Увеличение коэффициента C_x и силы лобового сопротивления вызывает уменьшение длины воздушного участка посадочной дистанции и длины пробега. Применение тормозных щитков, гасителей подъемной силы, реверса тяги и тормозов значительно уменьшает длину пробега.

Если известны посадочная скорость $V_{\text{пос}}$ и время пробега самолета $t_{\text{пр}}$, то средняя абсолютная величина ускорения будет:

$$j_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{пос}}}{t_{\text{пр}}}$$

Длина пробега определяется из выражения:

$$L_{\text{пр}} = j_{\text{ср}} \frac{t_{\text{пр}}^2}{2} = \frac{V_{\text{пос}}^2}{2j_{\text{ср}}}$$

Среднее значение замедления пробега $j_{\text{ср}}$ зависит от тормозящих сил (силы лобового сопротивления X , отрицательной тяги двигателей P , силы трения и торможения $F_{\text{тр1}} + F_{\text{тр2}} + F_{\text{торм}}$) и массы самолета $t = G/g$, т.е:

$$j_{\text{ср}} = \frac{g(X + P + F_{\text{тр1}} + F_{\text{тр2}} + F_{\text{торм}})}{G}$$

Длина пробега:

$$L_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пос}}^2}{2j_{\text{ср}}} = \frac{G^2}{C_{y\text{пос}} \rho S g (X + P + F_{\text{тр1}} + F_{\text{тр2}} + F_{\text{торм}})_{\text{ср}}}$$

Как видно из формулы, при меньшем посадочном весе самолета G , большем $C_{у\text{пос}}$, большей плотности воздуха и больших тормозящих силах $X + P + F_{\text{тр1}} + F_{\text{тр2}} + F_{\text{торм}}$ длина пробега значительно уменьшится. Большой эффект тормозящих сил будет особенно в начале пробега до скорости выключения реверса тяги, так как сила X и тяга P больше. На конечном участке пробега основной тормозящей силой являются тормоза самолета.

Наличие встречного ветра уменьшает путевую посадочную скорость и длину пробега.

При посадке на аэродром с пониженной плотностью воздуха (высокие температуры, низкое давление) длина пробега увеличивается.

В случае посадки самолета с убранными закрылками $C_{у\text{пос}}$ уменьшается, что значительно увеличивает посадочную скорость, а соответственно и длину пробега самолета. При этом значительно увеличивается и длина воздушного участка

посадки. Поэтому посадка с убранными закрылками является сложной и расчет на посадку должен быть точным.

Особую сложность представляет посадка на скользкую ВПП (покрытую слоем слякоти, воды или обледеневшую), так как силы торможения значительно уменьшаются.

Величина максимально допустимого посадочного веса ограничена:

- установленным градиентом набора высоты при уходе на второй круг с одним отказавшим двигателем;
- располагаемой длиной ВПП.

3. Особенности посадки в сложных условиях и особые случаи посадки

Посадка с боковым ветром.

Существует три классических способа компенсации бокового ветра при заходе на посадку:

- полет с углом упреждения, равным углу сноса;
- полет со скольжением, компенсирующим угол сноса (при наличии крена);
- комбинированный - частично угол сноса компенсируется углом упреждения и частично скольжением.

Порядок компенсации бокового ветра определяется РЛЭ воздушных судов.

В зависимости от типа ВС, если компенсация бокового ветра предусмотрена полетом с углом упреждения, его устранение при посадке осуществляется либо непосредственно перед касанием, либо посадка производится с подобранным углом упреждения. При устранении угла упреждения перед приземлением необходимо отклонением руля направления довернуть самолет по оси ВПП, а возникающий при этом кренящий момент по ветру необходимо парировать отклонением штурвала в направлении «против ветра». Кроме того, в момент приземления на самолет действует пара сил (сила трения колес и сила инерции, условно приложенная в центре масс самолета), момент которых стремится повернуть продольную ось самолета по оси ВПП.

На пробеге так же, как и на разбеге, самолет стремится развернуться против ветра и наклониться по ветру. Направление пробега выдерживать отклонением педалей (рулем направления и поворотом колес передней опоры), а кренящий момент по ветру поворотом штурвала «против ветра».

Посадка на скользкую и/или покрытую осадками ВПП.

При посадке самолета на мокрую, покрытую слоем воды или слякоти, а также обледеневшую ВПП значительно увеличивается длина пробега и усложняется выдерживание направления пробега, особенно при наличии бокового ветра.

Увеличение длины пробега и усложнение выдерживания направления на пробеге зависит от вида и толщины осадков.

На влажной ВПП уменьшается коэффициент сцепления, понижается эффект торможения колес и увеличивается длина пробега.

На ВПП покрытой осадками понижается коэффициент сцепления, а также появляются гидродинамические силы, действующие на колеса шасси, приводящие к эффекту гидроглиссирования.