



17-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos  
**TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,**  
vykusios 2014 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 17th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'  
**TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT**, 8 May 2014, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 17-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»  
**ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК**, 8 мая 2014 г., Вильнюс, Литва

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМ, ВОЗНИКАЮЩИХ НА ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ПОЛОСАХ АЭРОДРОМА И АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИХ НА СОСТОЯНИЕ ПОКРЫТИЯ**

**Анастасия Харитоновна**

*Национальный авиационный университет, пр-т Космонавта Комарова, 1, 03680 Киев, Украина*

*Эл. почта: post@nau.edu.ua*

**Аннотация.** Данная статья посвящена строительству взлетно-посадочных полос (далее ВВП), а так же проблемам, которые могут возникать на них. Целью статьи является анализ различных проблем с ВПП, и способы их устранения.

**Ключевые слова:** ВПП, искусственное покрытие, дренаж, искусственная поверхность, макротекстура, микротекстура, коэффициент сцепления, тормозная способность.

### **Введение**

Поскольку воздушный транспорт на сегодняшний день занимает одно из первых мест по пассажиро- и грузоперевозкам, а одним из факторов, влияющих на безопасность полета, является состояние ВПП, актуальность данной темы играет немало важную роль. Основной задачей статьи является проанализировать возможные проблемы ВВП и показать то, как они влияют на технические показатели поверхности полос.

### **Основные функции ВПП**

Искусственное покрытие ВПП, если рассматривать его в целом, должно выполнять три основных функции, а именно обеспечивать:

1. достаточную несущую способность;
2. хорошие эксплуатационные качества;
3. хорошие характеристики сцепления с поверхностью.

Прочие требования включают долговечность и легкость обслуживания.

В сухом и чистом состоянии ВПП различия в уровнях сцепления с точки зрения эксплуатации, как правило, незначительны, вне зависимости от типа искусственного покрытия и конфигурации поверхности. Более того, уровень сцепления практически не зависит от скорости воздушного судна. Таким обра-

зом, эксплуатация воздушных судов на ВПП с сухой поверхностью в достаточной степени стабильна, и не имеет особо важных проблем. В этом случае не требуется каких-либо специальных инженерно-технических критериев, касающихся сцепления с поверхностью.

Проблему сцепления с поверхностями ВПП, на которых присутствует вода, можно выразить главным образом как проблему дренажа, которая включает в себя три отдельных критерия:

1. дренаж поверхности (за счет формы поверхности, уклонов);
2. дренаж зоны контакта летального аппарата с землей (макротекстура);
3. дренаж зоны проникновения (микротекстура).

Проблему сцепления на ВПП с загрязненной поверхностью можно выразить главным образом как обобщенную проблему поддержания поверхности в эксплуатационно-техническом состоянии, которая заключается в улучшенном дренаже зоны контакта или удалении загрязнителей. Доминирующими являются:

1. поддержание улучшенной дренажной способности зоны раздела для искусственных покрытий, залитых водой (слой более 3 мм);
2. удаление резиновых наслоений;
3. удаление снега, слякоти, льда или инея;
4. удаление прочих наслоений, таких как песок, пыль, грязь и нефтепродукты.

Уровень обслуживания, обеспечиваемый эксплуатантом аэропорта, может оказывать значительное влияние на решение этих проблем.

### Текстура поверхности

Наиболее важным фактором относительно поверхности с искусственным покрытием с точки зрения характеристик сцепления является текстура поверхности. Влияние материала поверхности на коэффициент сцепления воздушного судна (далее ВС) с землей в первую очередь обусловлено различиями в текстуре поверхности. Как правило, поверхности проектируются с такой макротекстурой, которая была бы достаточной для того, чтобы добиться приемлемой скорости отвода воды из зоны контакта ВС с поверхностью. Такая текстура достигается за счет надлежащего сочетания заполнителей/вяжущих материалов в смеси или с помощью методов обработки поверхности. Текстуру поверхности искусственного покрытия можно описать в терминах макротекстуры и микротекстуры (Рис. 1.)

Микротекстура – это текстура отдельных частиц заполнителя, и ее трудно различить невооруженным глазом. Важная проблема, связанная с микротекстурой, заключается в том, что она может измениться в течение короткого периода времени, и это нелегко обнаружить. Типичным примером может стать накопление наслоений резины в зоне приземления, которое в значительной степени нарушит микротекстуру, но при этом не обязательно приведет к ухудшению макротекстуры.

Макротекстура – это текстура между отдельными гранулами. Этот масштаб текстуры можно приблизительно оценить на глаз. Формированию макротекстуры способствует пропиливание бороздок, при этом степень такого воздействия зависит от ширины бороздок, глубины и расстояний между ними. Макротекстура является главным фактором, определяющим возможности дренажа в зоне контакта ВС с землей на высоких скоростях. Для измерения макротекстуры были разработаны простые методы, например, так называемый объемный метод «засыпки песком» и «заливка смазочным материалом «НАСА»». Они применялись для ранних исследований, на которых

основаны современные требования к летной годности (Способ... 2010).

Немаловажным фактором, который упоминался выше и который включает в себя ВПП, является дренаж. Дренаж поверхности – это базовое требование, имеющее первостепенное значение. Он необходим для того, чтобы минимизировать слой воды на поверхности. Цель заключается в том, чтобы кратчайшим путем отвести воду с ВПП, и в частности из зоны линии колесного пути. Чтобы отвод воды был наиболее быстрым, необходимо запроектировать двухскатный профиль поверхности ВПП или односторонний скат воды сверху вниз по направлению ветров, которые преобладают в дождливую погоду. В дополнение к этому, дренажная способность может быть увеличена посредством специальной обработки поверхности, например, пропиливания бороздок и применения пористого бетонного покрытия с высоким коэффициентом трения, который отведет воду с поверхности с помощью пор. Быстрый дренаж воды с поверхности является первостепенным фактором безопасности, который должен учитываться при проектировании ВПП (Глушков и др. 1992).

При мокром состоянии ВПП (более 3мм) коэффициент сцепления намного больше зависит от скорости, чем на сухой ВПП. Он так же зависит и от текстуры. Более высокая микротекстура (шероховатость) улучшает сцепление.

Одной из проблем, возникающих на поверхности ВПП, являются неплотные загрязнители (стоячая вода, слякоть, мокрый или сухой снег толщиной более 3 мм).

Эти загрязнители ухудшают показатели коэффициента сцепления (далее  $\mu_{тах}$ ) до низких уровней. В этих условиях воздействие микротекстуры невелико. К примеру, снег дает довольно постоянный  $\mu_{тах}$  вне зависимости от скорости, тогда как в случае слякоти и стоячей воды влияние скорости на  $\mu_{тах}$  является существенным.

В силу своих жидкостных свойств вода и слякоть при больших скоростях вызывают эффект динамического глассирования, когда динамическое давление жидкости превышает давление ВС и образует прослойку жидкости между ВС и поверхностью, фактически исключая их соприкосновение. Тормозная способность в такой ситуации резко падает, стремясь к нулю, что является серьезной проблемой.



Рис. 1. Макротекстура и микротекстура

Так же фактором, влияющим на состояние поверхности ВПП, являются твердые загрязнители (уплотненный снег, лед и резина). Эти загрязнители влияют на способность к замедлению ВС из-за снижения  $\mu$ тах. Уплотненный снег может демонстрировать неплохие характеристики сцепления, вполне сопоставимые с мокрой ВПП. Однако при повышении температуры поверхности до 0° С или выше уплотненный снег может стать более скользким, потенциально достигая крайне низкого коэффициента  $\mu$ тах. Способность к остановке на льду может варьироваться в зависимости от температуры и шероховатости поверхности. Коэффициент сцепления для мокрого снега, как правило, очень низок (до 0,05), и это обстоятельство обычно препятствует выполнению полетов ВС до тех пор, пока показатель сцепления не улучшится (Способ... 2010).

Воздействие на максимальную тормозную способность воздушного судна можно вкратце охарактеризовать следующим образом:

1. Мокрые и твердые загрязнители:

- а) ускорение и соответственно взлетная дистанция не затрагиваются;
- б) пониженная тормозная способность, более длинные дистанции прерванного взлета и посадки;

2. Неплотные загрязнители:

- а) способность к ускорению уменьшена под воздействием сопротивления перемещения и удара (слякоть, мокрый снег и стоячая вода) или силы, требующейся для сдвигания загрязнителя (сухой снег);
- б) способность к замедлению сокращается в результате уменьшения сцепления, глиссирования на высоких скоростях, которые отчасти компенсируются силой сопротивления перемещения и удара.

Следовательно:

1. Взлетная дистанция увеличивается (на более значительную величину, если слой загрязнителя более толстый);

2. Дистанция прерванного взлета увеличивается (на менее значительную величину, если слой загрязнителя более толстый, из-за увеличения силы сопротивления перемещения и удара);

3. Посадочная дистанция увеличивается (на менее значительную величину, если слой загрязнителя более толстый, из-за увеличения силы сопротивления перемещения и удара).

Характеристики ВПП в зависимости от состояния:

а) Мокрая ВПП (без реверса):

- а) дистанции ускорения и продолженного взлета не затрагиваются;
- б) дистанция прерванного взлета увеличивается примерно на 20–30 %. ВПП с рифлением уменьшает это воздействие примерно до 10–15 %;
- а) наземный этап посадки с торможением увеличивается на 40–60 % на ВПП с гладкой поверхностью и на 20 % на ВПП с рифлением или PFC.

2. ВПП, покрытая слоем воды или слякоти толщиной в 13 мм:

- б) взлетная дистанция увеличивается на 10–20 % при всех работающих двигателях из-за сопротивления перемещения и удара;

- с) дистанция прерванного взлета увеличится на 50–100 %, сократившись до 30–70 %-ного увеличения при использовании механизмов реверса тяги (при одном неработающем двигателе);

- д) наземный этап посадки с торможением увеличится на 60–100 % в зависимости от фактической толщины слоя воды или слякоти на поверхности ВПП. Это увеличение можно существенно сократить за счет использования механизмов реверса тяги;

3. Уплотненный снег:

- а) дистанции ускорения и продолженного взлета не затрагиваются;

- б) дистанция прерванного взлета увеличивается на 30–60 %, но сокращается до 20–30 % при использовании механизмов реверса тяги (при одном неработающем двигателе);

- с) наземный этап посадки с торможением может увеличиться на 60–100 %. Даже при использовании механизмов реверса тяги он может в 1,4–1,8 раза превышать такую дистанцию для сухой ВПП.

4. Нетающий лед:

- а) воздействие присутствия на поверхности ВПП нетающего льда может существенно различаться в зависимости от ровности поверхности, ее обработки песком или реагентами для таяния и т. д.;

- б) дистанции ускорения и продолженного взлета не затрагиваются;

- с) дистанция прерванного взлета может варьироваться от практически такой же хорошей, как для уплотненного снега, до уровня, приближающегося к условиям мокрого льда;

- д) наземный этап посадки с торможением может увеличиться на дистанции, варьирующиеся от величин, указанных для уплотненного снега, до дистанций, указанных для условий мокрого льда, о которых говорится ниже.

5. Мокрый лед:

- а) дистанции ускорения и продолженного взлета не затрагиваются;

- б) дистанция прерванного взлета увеличивается более, чем в два раза даже при использовании механизмов реверса тяги;

- с) наземный этап посадки с торможением может увеличиться в 4–5 раз. Даже при использовании механизмов реверса тяги она может в 3–4 раза превышать такую дистанцию для сухой ВПП.

Состояние мокрого льда соответствует эффективности торможения, определяемой в качестве “нулевой”, и ВПП не подлежит эксплуатации из-за его вышеуказанного воздействия на летно-технические характеристики и потенциальной потери путевой управляемости воздушного судна (Глушков и др. 1992).

На рис. 2, 3, 4 в графической форме представлены данные о воздействии состояний поверхности ВПП на взлетную дистанцию, дистанцию прерванного взлета и наземный этап посадки для типичного воздушного судна средних размеров с механизмами реверса тяги средней эффективности. Также показано типичное воздействие мокрой противоскользкой поверхности (например, PFC или рифления).

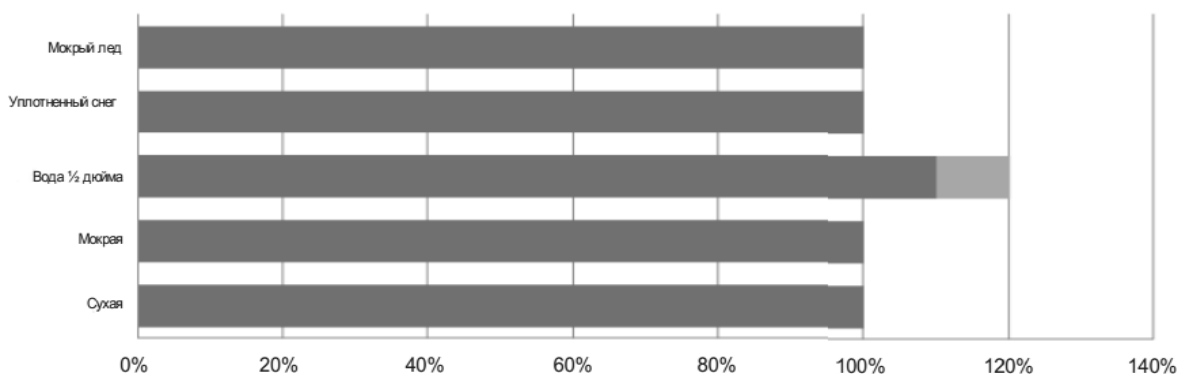


Рис. 2. Воздействие состояния ВПП на фактическую взлетную дистанцию (при работе всех двигателей)

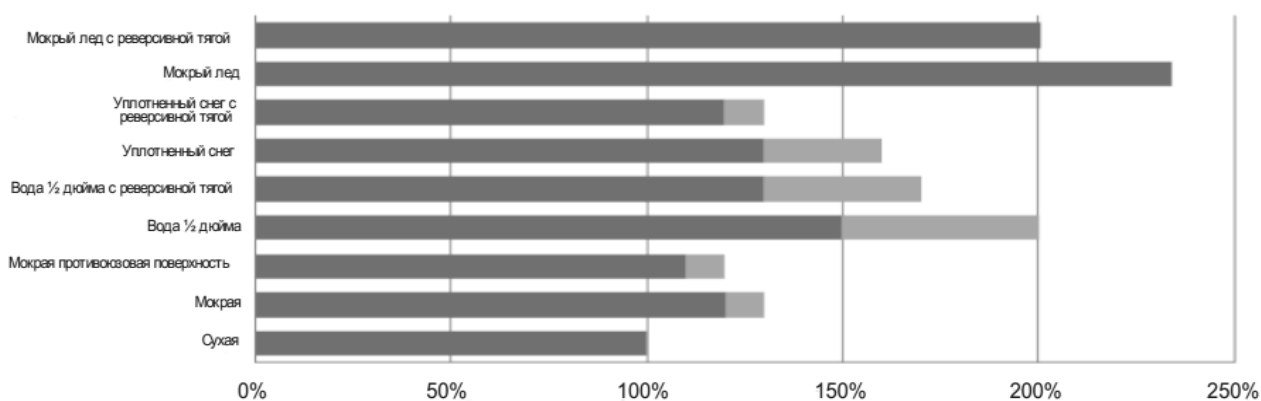


Рис. 3. Воздействие состояния ВПП на дистанцию прерванного взлета

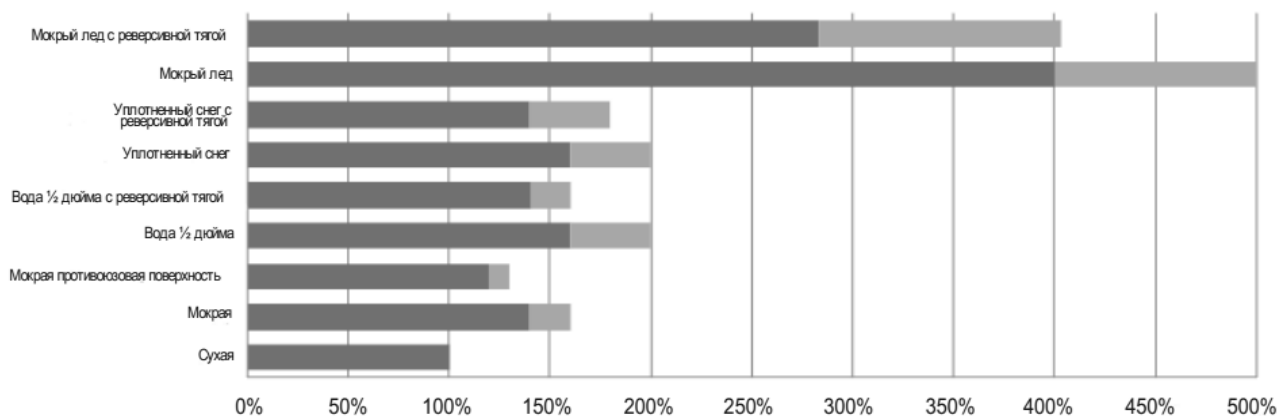


Рис. 4. Воздействие состояния ВПП на пробег после посадки

Исходя из представленного анализа существующих проблем с ВПП, можно сделать вывод, что очень многое в процессе воздушных перевозок зависит именно от состояния взлетно-посадочных полос. Их содержание в идеальном состоянии

крайне важно для стабильной работы аэропортов в целом. Также необходимо тщательно выполнять строительство взлетно-посадочных полос во избежание внезапных разрушений их искусственной поверхности.

### Литература

Глушков, Г. И.; Бабков, В. Ф.; Тригопи, В. Е. и др. 1992. Изыскания и проектирование аэродромов. / Под ред. Г. И. Глушкова. М.: Транспорт, с. 172, 285.

Способ реконструкции взлетно-посадочных полос аэродрома. / Патент РФ №2378164. E01C 1/02. 10.01.2010.