

УДК 629.735:533.69

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КРЫЛА ВОЗДУШНОГО СУДНА

Горбунов А.А.

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: post@mail.osu.ru

В представленной статье рассматривается проблема повышения технической эффективности магистральных воздушных судов (ВС) посредством проектирования и установки с применением технологий САПР дополнительных аэродинамических поверхностей. Дополнительные аэродинамические поверхности – небольшие аэродинамические элементы на концах крыльев ВС, служащие для увеличения аэродинамической эффективности и, как следствие, повышения технической эффективности ВС. В процессе рассмотрения вопроса была предложена классификация дополнительных аэродинамических поверхностей по типу, способствующая улучшению характеристик магистральных ВС, сформирована иерархическая структура ВС с учётом дополнительных аэродинамических поверхностей, а также представлен один из спроектированных вариантов дополнительной аэродинамической поверхности. В результате проведенного синтеза ВС, а также анализа характеристик, влияющих на дополнительные аэродинамические поверхности, были выявлены основные достоинства и незначительные недостатки при использовании на магистральных ВС.

**Ключевые слова:** воздушное судно, дополнительные аэродинамические поверхности, аэродинамическая эффективность, техническая эффективность

## CAD DESIGN AND RESEARCH OF ADDITIONAL AERODYNAMIC SURFACES FOR WING MAIN AIRCRAFT

Gorbunov A.A.

Federal government budgetary educational institution of higher education «Orenburg State University»  
Orenburg, e-mail: post@mail.osu.ru

In the present paper the problem of improving the technical efficiency of the main aircraft (MA) through the design and installation with the use of CAD technology more aerodynamic surfaces. Additional aerodynamic surfaces – small aerodynamic elements at the ends of the wings MA, serving to increase aerodynamic efficiency and how to improve the technical efficiency due to MA. In the process of considering a proposed classification of additional aerodynamic surfaces on the type, contributing to improving the performance of the main MA, formed a hierarchical structure MA with the additional aerodynamic surfaces, and also shows one of the additional options designed aerodynamic surface. As a result of the synthesis of the MA, as well as the analysis of the impact of additional aerodynamic surfaces have been identified the main strengths and minor flaws in their use on the MA.

**Keywords:** main aircraft, additional aerodynamic surfaces, aerodynamic efficiency, technical efficiency

Процесс проектирования сложных современных технических изделий невозможен без использования современных компьютерных технологий САПР, позволяющих в виртуальной среде создавать синтезированные электронные документы, содержащие результаты комплексных расчётов. Применение технологий САПР носит повсеместный характер на современном этапе и способствует возникновению качественно нового подхода к процессу проектирования. Находясь в условиях жесткой конкуренции, авиапредприятие нуждается в передовой авиационной технике (АТ), создание которой возможно только путём применения перспективных научных разработок [5].

Как сложный технический объект воздушное судно (ВС) состоит из системы взаимосвязанных компонентов. Эти компоненты находятся в постоянном взаимодействии между собой, выполняют определённые функции, присущие каждому из них, но в совокупности образуют целостный технический объект с определённым набором характеристик, выражаемых как единое целое.

При проектировании современной АТ целесообразно использовать системный подход, содержащий различные методики проектирования сложных систем. Общий принцип такого подхода заключается в сложной системе с учетом её взаимодействия. Системный подход даёт возможность в полной мере описать процесс проектирования АТ, использующейся авиапредприятием.

Основной задачей применения системного подхода в рассмотрении технического объекта ВС состоит в раскрытии особенности поведения системы свойств как целостного объекта, исходя из особенности взаимодействия его отдельных элементов [4].

В процессе проектирования сложных авиационных изделий применение систем автоматизации проектирования ограничивается процессом формализации проектных задач. При этом роль САПР состоит в обеспечении совершенствования процесса проектирования, создания необходимого быстродействия в вычислительных процессах и повышения качества проектирования.

Использование технологий САПР на современном этапе является неотъемлемой частью процесса проектирования АТ на всех стадиях её развития. Неиспользование этих технологий однозначно не позволяет добиться требуемых параметров от проектируемого изделия, поскольку проектирование – процесс итерационный, требующий значитель-

ных временных и ресурсных затрат. Проведение описанного выше процесса возможно только после декомпозиции ВС на отдельные составляющие, выделив при этом объект проектирования, рассмотрев его как в отдельности, так и при взаимодействии с другими компонентами, представленными в общей схеме иерархической структуры ВС (рис. 1).

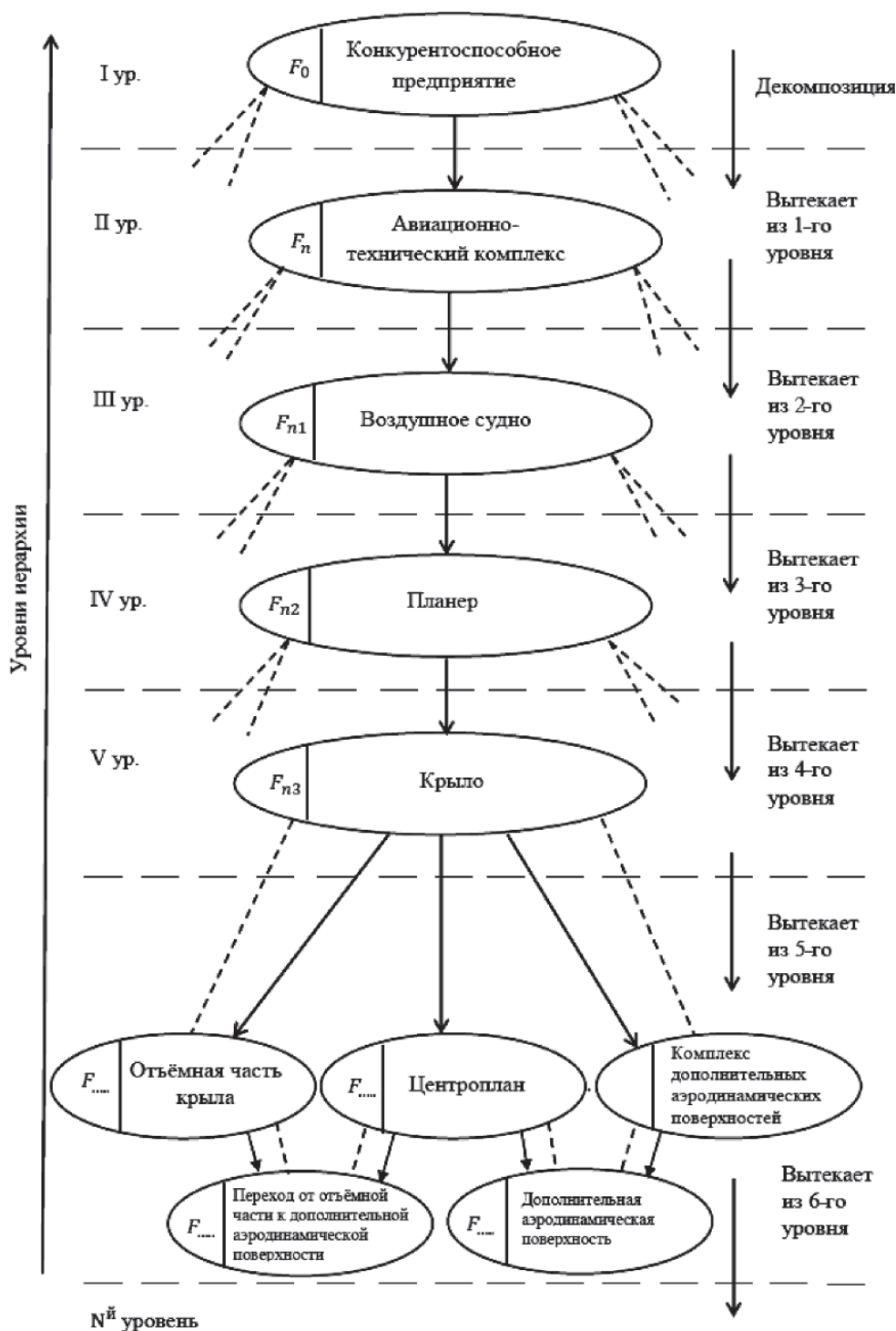


Рис. 1. Фрагмент иерархической структуры ВС с учётом дополнительных аэродинамических поверхностей

Объекты предметной области проектирования ВС описываются свойствами комплекса, выражающие определённые связи и зависимости от различных характеристик. При этом каждый объект предметной области обладает определённым набором характеристик и свойств, которые могут быть выявлены, причём каждый из них будет отличаться определённым значением. Предметная область проектирования ВС в САПР представляет собой систему данных, позволяющая автоматизировать процессы обработки данных. Оценка эффективности проектируемого технического изделия определяется критериями технической эффективности изделия. Одним из способов оценки технической эффективности ВС является критерий оценки общего уровня и состояния аэродинамики – коэффициент аэродинамической эффективности, определяющийся как произведение максимального аэродинамического качества ВС на крейсерское число Маха, как обобщенный аэродинамический параметр, определяющий основные лётно-технические характеристики ВС [1, 2].

В зависимости от таких параметров, как скорость движения крыла в воздушной среде, количество генерируемой крылом подъёмной силы, на концевой части каждого крыла происходят вредные эффекты, принимающие вихревую форму. Вихревое вращательное движение воздушной среды вызвано перетеканием воздуха вокруг концевой части крыла из области высокого давления в область низкого, причём внизу движение направлено к концам крыла, а на верхней стороне к центру, образуя по всему размаху крыла присоединённые вихри. Вследствие законов, которыми управляются вихри, эти вихревые нити не остаются изолированными, а соединяются друг с другом вихрями, локализованными на крыле, которые поэтому называются присоединёнными вихрями [3]. Вихревое течение за крылом, создающееся на концевой части, намного сильнее из-за трехмерного эффекта от конечного размаха.

Такое явление создаёт значительные проблемы для аэродинамической эффективности ВС в целом и для ВС летящего следом. Это явление хорошо известно как спутный след, в наибольшей степени он проявляется на взлетно-посадочных полосах и на больших дозвуковых скоростях, на крейсерских режимах полёта. В целях предотвращения, а также решения создающихся проблем, улучшение топливной экономичности за счёт увеличения аэродинамической эффективности ВС призваны решить дополнительные аэродинамические поверхности.

При определении требуемых характеристик новых технических решений для улучшения технической эффективности, способствующей улучшению взлетно-посадочных и лётно-технических характеристик ВС, возникает необходимость в технологическом описании процесса проектирования дополнительных аэродинамических поверхностей математическими и имитационными моделями. Неотъемлемой частью математической модели является параметр конструкции, характеризующийся как величина, определяющая геометрические, весовые и энергетические свойства, выражаемые в относительных величинах [6]. Поэтому в процессе проектирования дополнительных аэродинамических поверхностей необходимо учитывать эти параметры для достижения минимального индуктивного сопротивления крыла при заданной подъёмной силе, где критерияльным параметром выступает величина изменения циркуляции вдоль размаха крыла. Считается, что индукционное сопротивление крыла будет минимальным, если индуцированная скорость постоянна вдоль всего размаха крыла.

Дополнительные аэродинамические поверхности – небольшие аэродинамические элементы на концах крыльев ВС, служащие для увеличения аэродинамической эффективности и, как следствие, повышения технической эффективности ВС.

В процессе изучения вопроса дополнительных аэродинамических поверхностей в рамках диссертационного исследования на текущий момент спроектированы и поданы две заявки на изобретение № 2011456, 2011458, рассмотрим один из вариантов дополнительной аэродинамической поверхности (рис. 2).

Классификация дополнительных аэродинамических поверхностей, широко используемых на магистральных ВС по их типу с целью формирования структуры выбора дополнительных аэродинамических поверхностей, для улучшения характеристик магистрального ВС имеет следующий вид (рис. 3).

Вопрос увеличения аэродинамической эффективности ВС напрямую связан с повышением топливной эффективности, так как снижение аэродинамического сопротивления и увеличения аэродинамического качества способствует снижению потребной мощности силовой установки, что приводит к уменьшению расхода топлива. Работа дополнительных аэродинамических поверхностей крыла ВС основывается на взаимодействии поля вертикальных скосов вблизи конца крыла. При обтекании потоком воздуха крыла происходит перетекание воздуха с нижней плоскости на верхнюю,

дополнительные аэродинамические поверхности препятствуют перетеканию потока воздуха и выравнивают давление на верхней и нижней плоскости крыла, ослабляя

мощный концевой вихрь, разбивая его на несколько вихрей меньшей интенсивности, что способствует более оптимальной форме распределения подъёмной силы.

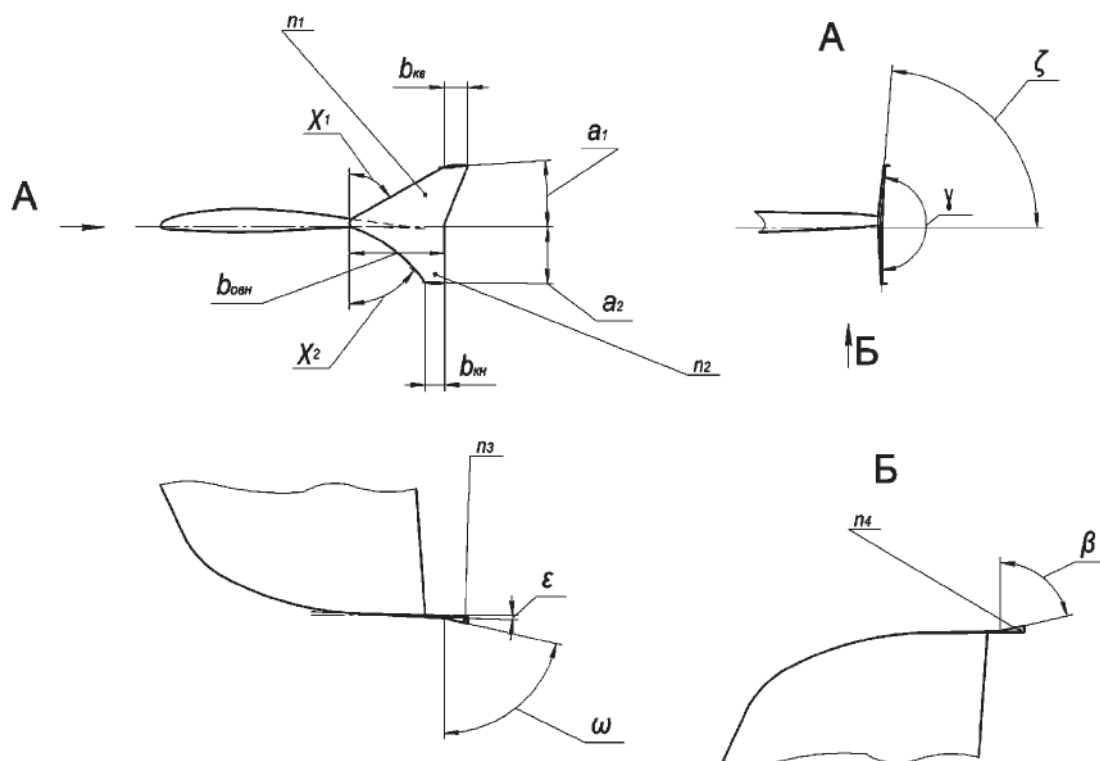


Рис 2. Дополнительная аэродинамическая поверхность «заявка на изобретение № 2011458»:  $n$  – 4 количество рабочих поверхностей;  $\chi$  – 1 угол стреловидности по передней кромке верхней поверхности;  $\chi$  – 2 угол стреловидности по передней кромке нижней поверхности;  $b_{кв}$  концевая хорда верхней поверхности;  $b_{кн}$  концевая хорда нижней поверхности;  $b_{овн}$  корневая хорда верхней и нижней поверхности;  $\gamma$  – угол между рабочими поверхностями;  $\beta$  – угол стреловидности по передней кромке нижней торцевой шайбы;  $\omega$  – угол стреловидности по передней кромке верхней торцевой шайбы;  $\alpha$  – 1 угол установки верхней торцевой шайбы относительно оси концевой нервюры;  $\alpha$  – 2 угол установки верхней торцевой шайбы относительно оси концевой нервюры

Достоинства дополнительных аэродинамических поверхностей (снижение индуктивного сопротивления; увеличение подъёмной силы на конце крыла; увеличение эффективного удлинения крыла); препятствуют перетеканию потока воздуха; улучшают курсовую устойчивость ВС; ослабляют мощный концевой вихрь, разбивая его на несколько вихрей меньшей интенсивности.

читать дальность полета; дополнительные аэродинамические поверхности способствуют сокращению индуктивного сопротивления на 20% и приросту подъёмной силы примерно на 9%; установка дополнительных аэродинамических поверхностей помогает добиться получения необходимой формы распределения подъёмной силы.

Недостатки дополнительных аэродинамических поверхностей: незначительное увеличение профильного сопротивления; необходимость учитывать влияние сил и моментов, передающихся от дополнительных аэродинамических поверхностей к крылу.

### Список литературы

Применение дополнительных аэродинамических поверхностей позволит сократить расход топлива примерно на 7% и увели-

1. Аэрокосмическое обозрение: аналитика, комментарии, обзоры / ООО «Издательская группа «Бедретдинов и Ко». – М.: Издательская группа «Бедретдинов и Ко». ISSN 1726-8516. – 2008. – № 5.
2. Гражданская Авиация: ежемесячный профессиональный авиационный журнал / ООО «Редакция журнала «Гражданская авиация». – М.: Издательский дом «Гражданская авиация». – ISSN 0017-3906. – 2009. – № 4 (779).
3. Краснов Н.Ф. Аэродинамика. Ч.II. Методы аэродинамического расчёта: учеб.для студентов втузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1980. – 416 с.

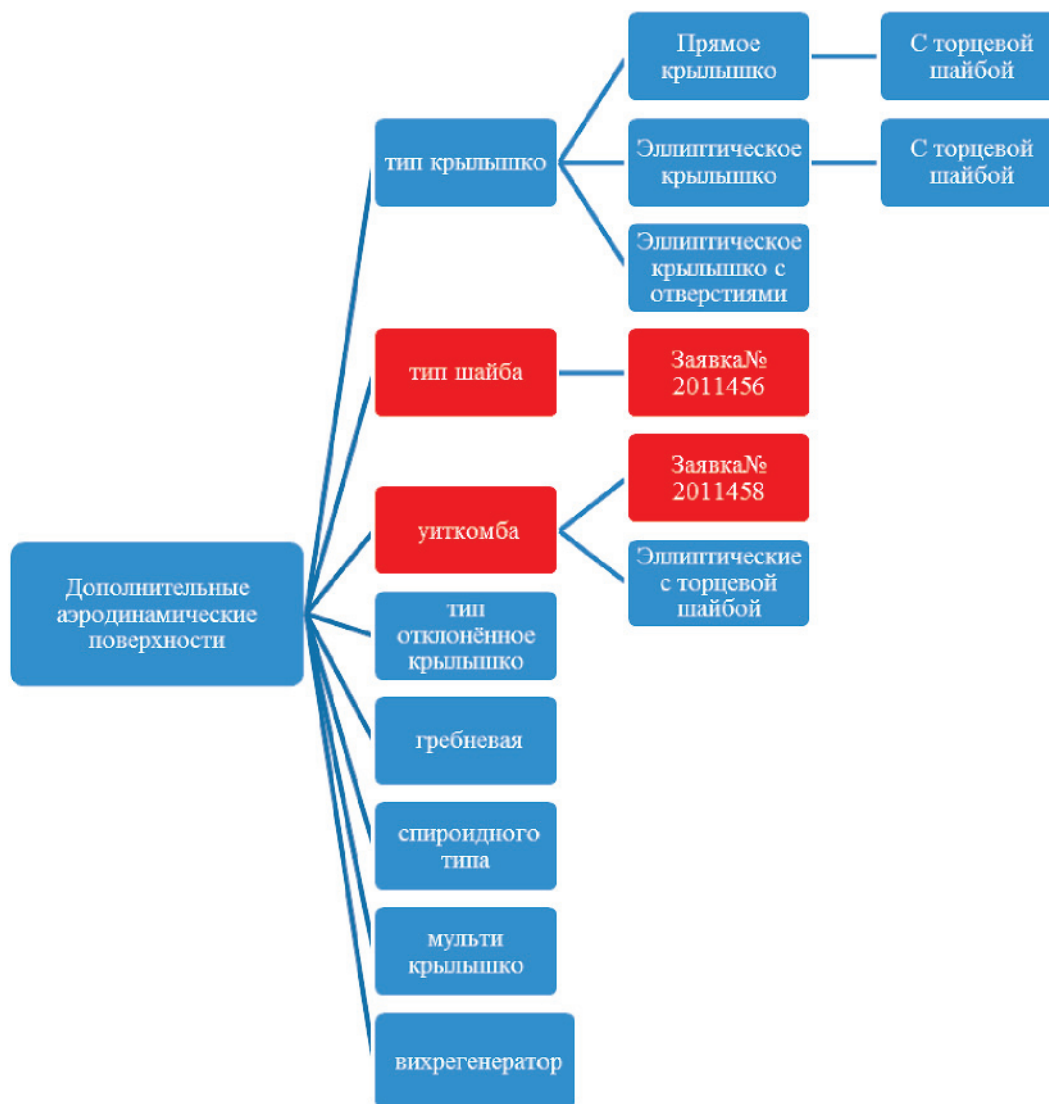


Рис. 3. Классификация дополнительных аэродинамических поверхностей по типу, способствующая улучшению характеристик магистрального ВС

4. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с. ISBN 5-7038-2090-1.

5. Припадчев А.Д. Определение оптимального парка воздушных судов: монография. – М.: Академия Естествознания, 2009. – 246 с.

6. Припадчев А.Д. Синтез парка воздушных судов авиапредприятия: монография. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2011. – 109 с.

4. Norenko I.P. Aided design basics: ucheb. dlya schools. – 2nd ed., Revised. and add. – Moscow: Bauman. NE Bauman, 2002. – 336 p. ISBN 5-7038-2090-1.

5. Pripadchev AD Determination of optimal fleet. Monograph. – Moscow: The Akademiya Estestvoznaniya Sciences, 2009. 246 p.

6. Pripadchev, AD Synthesis of the airline fleet. Monograph. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2011. 109 p.

### References

1. Aerospace Review: analyst comments, reviews / LTD «Publishing Group» Bedretdinov and Co». M.: Publishing Group «Bedretdinov and Co». ISSN 1726-8516. 2008. № 5.

2. Civil Aviation: Aviation monthly professional journal / Open Company «editorial board» Civil aviation». – M.: Publishing house «Civil aviation». – ISSN 0017-3906. 2009. № 4 (779).

3. Krasnov N.F Aerodynamics. Part II. Aerodynamic calculation methods: ucheb.dlya students of technical colleges. 3rd ed., Revised. and add. M.: Higher. School, 1980. 416 p.

### Рецензенты:

Сердюк А.И., д.т.н., профессор, директор аэрокосмического института ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург;

Султанов Н.З., д.т. профессор, заведующий кафедрой систем автоматизации производства, ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург.

Работа поступила в редакцию 03.07.2012.