

УДК 001.4:658.58

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ СИСТЕМ В СРЕДЕ «ЧЕЛОВЕК – ТЕХНОСФЕРА»

СЕРИКОВ Я. А. к.т.н., доц.

Кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. М. Бекетова, ул. Революции, 12, 61002, г. Харьков, Харьков, Украина, тел. +38(057) 707-33-18, e-mail: yserikov@yandex.ru

Аннотация Цель. Техногенное направление развития человечества, научно-технический прогресс вызвали создание антропогенных систем различного назначения, как объективную необходимость его развития. Такие системы – технические, химические, биологические, в соответствии с аксиомой о потенциальной опасности объектов, характеризуются конечным значением уровня надежности, а значит и определенной опасностью для глобальных систем «человек – биосфера», «человек – техносфера» или их подсистем. Численное значение показателя безопасности антропогенной системы, независимо от ее направления и типа, непосредственно зависит от частоты отказов, которые наблюдаются во время ее функционирования, а также связано с наличием в ее структуре блоков и устройств прогнозирования, определения характера и времени реализации аварийных ситуаций. При этом, реализованная функциональная возможность прогнозирования отказов, выявления причин, которые вызывают такие ситуации, дает возможность прогнозировать их появление. Это позволяет повысить уровень безопасности системы, надежности ее функционирования в результате своевременного принятия необходимых мероприятий, что позволяет минимизировать ее негативное влияние на человека и окружающую среду. Исследования и опыт эксплуатации ряда антропогенных систем показывают, что реализация функции прогнозирования позволяет существенно снизить отрицательное воздействие последствий отказов системы на биосферу Земли через аварии, которые сопровождаются, например, выбросом вредных веществ, микробов, формирования электромагнитных или ионизирующих полей значительной напряженности. Положительный эффект достигается и в результате исключения возможных отрицательных изменений в здоровье, физиологических функциях, психологическому состоянию организма человека, обеспечения комфортности в среде «человек – техносфера». В дополнение следует отметить, что повышение надежности антропогенной системы в этом случае сопровождается и экономическим эффектом, который составляет около 30 % ее стоимости. Повышение сложности, мощности антропогенных систем, которое является логической необходимостью, следствием научно-технического прогресса, ставят задачу повышения уровня безопасности антропогенных систем в разряд первоочередных. **Методика.** Предлагается разработанное решение задачи определения степени надежности функционирования антропогенных систем, надежности их функционирования в динамическом режиме на основе положений технической диагностики, которая позволяет решать спектр задач, связанных с получением и оценкой диагностической информации. **Научная новизна.** Разработаны теоретические положения и функциональная схема контрольно-измерительной системы для решения задачи повышения надежности функционирования антропогенных систем. **Практическая значимость.** Реализация описанных результатов исследований даст возможность повысить уровень безопасности жизнедеятельности человека в системе «человек – техносфера», снизить отрицательное воздействие антропогенных систем на окружающую среду.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, антропогенная система, надежность, техническая диагностика, человек, техносфера

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ АНТРОПОГЕННИХ СИСТЕМ В СЕРЕДОВИЩІ «ЛЮДИНА – ТЕХНОСФЕРА»

СЕРИКОВ Я. О., к.т.н., доц.

Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Революції, 12, 61002, Харків, Україна, тел. +38(057) 707-33-18, e-mail: yserikov@yandex.ru

Анотація Мета. Техногенний напрямок розвитку людства, науково-технічний прогрес викликали створення антропогенних систем різного призначення, як об'єктивну необхідність його розвитку. Такі системи – технічні, хімічні, біологічні, відповідно до аксіоми про потенційну небезпеку об'єктів, характеризуються кінцевим значенням рівня надійності, а значить і певною небезпекою для глобальних систем «людина – біосфера», «людина – техносфера» або їх підсистем. Чисельне значення показника безпеки антропогенної системи, незалежно від її спрямування й типу, безпосередньо залежить від частоти відмов, які спостерігаються під час її функціонування, а також пов'язане з наявністю в її структурі блоків і пристроїв прогнозування, визначення типу та часу реалізації аварійних ситуацій. При цьому, реалізована функціональна можливість прогнозування відмов, виявлення причин, які викликають такі ситуації, дає можливість прогнозувати їх появу. Це дозволяє підвищити рівень безпеки системи, надійності її функціонування в результаті своєчасного прийняття заходів, що дозволяє

мінімізувати її негативний вплив на людину і навколишнє середовище. Дослідження і досвід експлуатації ряду антропогенних систем показують, що реалізація функції прогнозування дозволяє істотно знизити негативний вплив наслідків відмов системи на біосферу Землі через аварії, які супроводжуються, наприклад, викидом шкідливих речовин, мікробів, формування електромагнітних або іонізуючих полів значної напруженості. Позитивний ефект досягається і в результаті виключення можливих негативних змін у здоров'ї, фізіологічних функціях, психологічному стані людини, забезпечення комфортності в середовищі «людина – техносфера». На додаток слід зазначити, що підвищення надійності антропогенної системи в цьому разі супроводжується і економічним ефектом, який становить близько 30% її вартості. Підвищення складності, потужності антропогенних систем, яке є логічним наслідком розвитку науково-технічного прогресу, ставлять завдання підвищення рівня безпеки антропогенних систем в розряд першочергових. **Методика.** Пропонується розроблене рішення задачі визначення ступеня надійності функціонування антропогенних систем, надійності їх функціонування в динамічному режимі на основі положень технічної діагностики, яка дозволяє вирішувати спектр завдань, пов'язаних з отриманням і оцінкою діагностичної інформації. **Наукова новизна.** Розроблено теоретичні положення та функціональна схема контрольної виміральної системи для вирішення завдання підвищення надійності функціонування антропогенних систем. **Практична значимість.** Реалізація описаних результатів досліджень дасть можливість підвищити рівень безпеки життєдіяльності людини в системі «людина – техносфера», знизити негативний вплив антропогенних систем на навколишнє середовище.

Ключові слова: безпека життєдіяльності, антропогенна система, надійність, технічна діагностика, людина, техносфера

THEORETICAL FOUNDATIONS SOLVING IMPROVE SAFETY FUNCTIONING HUMAN SYSTEMS ENVIRONMENT «MAN – TECHNOSPHERE»

SERIKOV Y. A., *Cand. Sc. (Tech.), Associate Prof.*

Department of Labour Protection and Life Safety, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkov, Revolution st., 12, 61002, Kharkov, Ukraine, tel. 38 (057) 707-33-18, e-mail: yserikov@yandex.ru

Abstract. Objective. Technogenic direction of human development, technological advances have caused the creation of man-made systems for various applications, as an objective need for its development. Such systems - technical, chemical, biological, according to the axiom about the potential danger of the object known, are characterized by a finite value of the reliability level, and therefore a certain risk for the global system «man - the biosphere», «man – technosphere» and their subsystems. The numerical value of human security index system, regardless of its direction and type, is directly dependent on the frequency of failures that occur during its operation, as well as due to the presence in its structure of blocks and forecasting devices, determining the type and time of implementation of emergency situations. At the same time, implemented functionality forecasting failures, identify the reasons that cause such a situation, makes it possible to predict their occurrence. This improves system security, reliability of its operation as a result of the timely adoption of measures to minimize its negative impact on human health and environment. Research and experience in operating a number of human systems show that the implementation of forecasting capabilities can significantly reduce the negative impact of the effects of system failures on the biosphere of the Earth through the accident, accompanied by, for example, the emission of harmful substances, microbes, or ionizing form of electromagnetic fields of great tension. The positive effect is achieved by eliminating the potential negative changes in the health, physiological functions, psychological state of the human body, providing comfort in an environment of «man – technosphere». In addition it should be noted that the increase of reliability of human system in this case is accompanied and economic effect, which is about 30% of system cost. Increasing complexity, capacity of human systems, which is a logical consequence of the development of human society, are aiming to increase the level of safety of human systems in the category of priority. **Methods.** It proposes to develop a solution to the problem of determining the degree of reliability of functioning of human systems, the reliability of their operation in dynamic mode on the basis of the provisions of the technical diagnostics, which allows to solve the range of problems related to the receipt and evaluation of diagnostic information. **Scientific novelty.** The theoretical position and a functional diagram of the control and measurement system for solving the problem of improving the reliability of functioning of human systems. **Practical significance.** The implementation of the described research results will make it possible to increase the level of safety of human life in the system «man – technosphere», to reduce the negative impact of human systems on the environment.

Keywords: life safety, human systems, reliability, technical diagnostics, man, technosphere

Вступление

Одним из логических результатов эволюции человечества, его деятельности, является создание антропогенных систем различной структуры, сложности, назначения (технических, биологических, химических и др.). Такие системы, в принципе, предназначены для удовлетворения нужд человека разного

иерархического уровня. Каждая из таких систем отличается качественными показателями и уровнем потенциального отрицательного воздействия на человека, производственную среду, биосферу Земли.

Следует отметить, что на сегодня задача создания систем диагностики является чрезвычайно актуальной во всем мире. Решение такой задачи, как правило, является сложным и экономически весомым. Зна-

чительным достижением в этом плане являются системы диагностики, которые разработаны для чрезвычайно опасных и некоторых объектов, которые характеризуются повышенной опасностью. Так, например, такие системы включены в структуру космических летательных аппаратов, атомных электрических станций и др.

Цель

Степень безопасности антропогенных систем обуславливается наличием и частотой отказов во время их функционирования, возможностью прогнозирования типа и времени реализации аварийных ситуаций. Таким образом, прогнозирование отказов, выявление причин их возникновения позволяет своевременно принять необходимые меры к их предупреждению и тем самым повысить безопасность, надежность и эффективность эксплуатации систем. Практика свидетельствует, что такой подход к эксплуатации системы позволяет получить экономический эффект около 30 % от ее эквивалентной стоимости. Рассматривая предупреждение влияния отказов системы на безопасность жизнедеятельности человека в комплексе, к указанному экономическому эффекту прибавляется существенное устранение отрицательного влияния последствий отказов системы на экологию Земли, например, через аварии, которые сопровождаются выбросом вредных веществ, опасных вирусов, микробов, появления электромагнитных и ионизирующих полей значительной напряженности и т. п. Положительный эффект достигается также за счет защиты здоровья населения как от возможных аномальных изменений физиологических функций, так и психологического состояния человека, обеспечения комфортности производственной, бытовой и среды проживания.

Методика

На настоящее время разработан ряд направлений исследований, направленных на решение задачи повышения уровня безопасности как рассматриваемых объектов, так и глобальной системы «человек – среда обитания». Большинство из них характеризуются определенной инерционностью или возможностью априорного получения диагностической информации.

Исследования автора дают возможность заключить, что определение степени безопасности функционирования таких систем (объектов), надежности их функционирования может быть осуществлено с использованием положений технической диагностики, которые позволяют решать широкий круг задач, связанных с получением и оценкой диагностической информации, в том числе в реальном масштабе времени. Исходя из идеологии технической диагностики, можно выделить два следующие взаимосвязанные направления разработок, которые формируют структуру ее практической реализации в виде контрольно-

измерительной системы, реализующей функцию диагностики антропогенной системы.

Первым направлением разработок, которое обеспечивает решение поставленных задач, является обеспечение получения достаточного объема информации о степени надежности составных элементов, блоков, узлов и антропогенной системы в целом в необходимый момент времени в процессе ее эксплуатации. Решение этих задач может быть осуществлено на основе теории контролеспособности.

Вторым направлением в разработке структуры контрольно-измерительной системы диагностики является обеспечение достоверной информации о состоянии контролируемого объекта, его составных элементов, блоков, узлов и объекта контроля в целом. Это направление реализуется с привлечением теории распознавания образов.

Рассмотрим более подробно существо теорий контролеспособности и распознавания образов.

Теория контролеспособности, применительно к поставленной задаче, включает в себя следующие элементы:

- методологию определения объема необходимой и достаточной информации для диагностики антропогенной системы;
- методы определения неисправностей антропогенных систем разработку и создание методов и средств получения диагностической информации;
- реализацию разработок в виде контрольно-измерительных приборов и систем диагностики исследуемых антропогенных систем.

Теория распознавания образов позволяет оценить состояние системы на основе комплекса данных, получаемых при реализации теории контролеспособности в конкретной антропогенной системе. При этом, теория распознавания включает следующие этапы:

- разработку диагностических моделей (методов обработки информации, поступающей от контрольно-измерительной системы, которая является составляющей частью системы диагностики);
- составление правил решения моделей состояния антропогенной системы в необходимый момент времени на основе характеристик, слежение за которыми осуществляет контрольно-измерительная система диагностики;
- разработку алгоритмов прогнозирования и распознавания состояния антропогенной системы в конкретный момент времени.

Структура технической диагностики, применительно к рассматриваемой задаче, представлена в виде структурной схемы (рис. 1).

Рассмотрим существо каждой составляющей обеих теорий и способы решения задач технической диагностики при определении надежности и прогнозирования отказов антропогенных систем.



Рис. 1 – Структура технической диагностики антропогенных систем / Structure of technical diagnostics human systems

Минимизация информации – это решение задач определения необходимой и достаточной информации для оценки состояния антропогенной системы в конкретный (любой) момент времени. Этот этап осуществляется на основе методов моделирования (физических, математических), а также априорной информации о зависимости надежности функционирования антропогенной системы от значения конкретных ее характеристик (параметров) в данный момент времени. Методы моделирования могут базироваться как на априорной информации, которая выявляется при изучении функционирования аналогичных антропогенных систем, так и на экспериментальных данных, получаемых на этапе исследования разработанной системы. Разработанная математическая модель зависимости надежности антропогенной системы от ее параметров позволяет перейти к решению задач, относящихся к следующей составляющей системы технической диагностики – выбора методов получения необходимой информации.

Как показывает практика, наряду с прямыми измерениями параметров антропогенной системы, например – отклонения напряжения, сопротивления фаз, тока нагрузки, температуры протекания технологических процессов и др., могут возникать задачи, решение которых требует применения так называемых неразрушающих косвенных методов контроля. К таким задачам относятся, например, контроль состояния изоляции, измерение магнитных потоков, исследование состояния железобетонных и металлических конструкций и др. Решение таких задач осуществляется на основе неразрушающих методов контроля, которые позволяют проводить многократные измерения электрических, электромагнитных, физико-механических параметров на основе косвенных измерений.

Так как методы неразрушающего контроля являются косвенными, то они не дают возможности производить непосредственный прямой численный отсчет, например, таких параметров, как прочность материала, температура процесса, количество и параметры трещин в материале и т. п. Поэтому исследуемые параметры объектов контроля определяются через некоторые косвенные величины. Таким обра-

зом, неразрушающие методы дают возможность решать практически все задачи на основе исследования некоторых измеренных косвенных характеристик, которые отражают исследуемое свойство материала, параметр технологического процесса конкретной антропогенной системы. Для определения соответствия численных значений этих косвенных величин контролируемым физико-механическим, химическим или другим параметрам системы, в большинстве случаев, выполняют предварительное установление соответствующих корреляционных зависимостей или градуировку специализированных измерительных приборов с помощью разрушающих или аналитических методов. Методы контроля качества, в зависимости от поставленной задачи, разделяются на основные группы по количественным, качественным или альтернативным признакам.

Рассмотрим вторую составляющую технической диагностики – теорию распознавания образов. Задачи теории распознавания образов решают исходя из результатов использования математических моделей, разработанных на этапе формирования структуры контрольно-измерительной системы технической диагностики. При этом математическая модель подвергается серии вычислений с параллельным экспериментом на исследуемой технической системе или ее физической модели с целью уточнения граничных значений показателя надежности. Таким образом обеспечивается решение задач, которые относятся к этапу разработки правил решения состояния технической системы по конкретным значениям ее параметров.

Следующим этапом разработки системы технической диагностики является составление алгоритмов прогнозирования и распознавания состояния антропогенной системы. Алгоритмы должны разрабатываться с учетом обеспечения работы программных средств в реальном масштабе времени. Особое внимание при составлении программы для ЭВМ необходимо уделять решению задач прогнозирования состояния системы по текущим значениям ее параметров.

Пример построения контрольно-измерительной системы технической диагностики приведен на рисунке 2.

Процесс контроля заключается в следующем. Как было описано выше, на базе информации, полученной на этапе моделирования, определяется перечень параметров, которые необходимо контролировать в исследуемой антропогенной системе. На основе анализа физической сути этих параметров выбираются методы неразрушающего контроля, которые смогут обеспечивать информацией необходимой точности и достоверности. Далее выбирают существующие или проектируют необходимые контрольно-измерительные приборы, в которых используются необходимые методы неразрушающего контроля. Входными устройствами таких приборов являются датчики (Дк_і).



Рис. 2 – Функциональная схема контрольно-измерительной системы технической диагностики / Functional diagram of the control and measuring technology diagnostic system

Информация от датчиков подается на соответствующие блоки измерительных преобразователей (ВП_i), которые обеспечивают подачу сигналов необходимых электрических параметров через интерфейс на вход ЭВМ. Установление последовательности и периодичности поступления данных о значении конкретного параметра системы (информации от конкретного датчика) на вход ЭВМ обеспечивается специализированной программой. Для каждого из контролируемых параметров антропогенной системы априорно или путем моделирования (математического или физического) устанавливается предельное

значение, которое является граничным для заданного уровня надежности (P) функционирования антропогенной системы.

Научная новизна

Разработаны теоретические положения и функциональная схема контрольно-измерительной системы, которые позволяют решить задачу повышения надежности антропогенных систем на основе технической диагностики.

Выводы

Использование рассмотренных методов исследования надежности функционирования антропогенных систем обеспечит повышение уровня безопасности жизнедеятельности человека в производственной сфере и позволит уменьшить степень риска работающих, отрицательного влияния на окружающую среду, т. е. биосферу в целом.

Использование предложенного подхода к использованию положений технической диагностики даст возможность обеспечить повышение безопасности эксплуатации антропогенных систем различных направлений. Современный уровень развития компьютерной техники, компьютерных технологий, средств получения первичной информации разрешает реализовать разработанное направление решения задач повышения уровня безопасности жизнедеятельности в комплексе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Серіков, Я. О. Безпека життєдіяльності – сек'юритологія. Проблеми. Завдання. Шляхи вирішення : монографія / Я. О. Серіков, Л. Ф. Коженевські. – Харків-Краків : ХНУМГ, 2012. – Т. 1 – 172 с., Т. 2 – 346 с.
2. Korzeniowski L. F., Serikov Y. A. Europejski wymiar securitologii : monograf / L. F. Korzeniowski, Y. A. Serikov. – Kraków : EAS, 2012. – 244 p.
3. Давыдов В. Г., Козлов Б. В. Методы оценки и обеспечения безопасности труда в машиностроении. – Москва : Машиностроение, 1992. – 132 с.
4. Korzeniowski L. F. Securitologia. Krakov: EAS. 2008. – 311 p.
5. Серіков, Я. О. Безпека життєдіяльності – сек'юритологія : підручник / Я. О. Серіков, Л. Ф. Коженевські. – Харків : ХНУМГ, 2014. – 298 с.
6. Hofreiter P. O. Potrebe bezpecnostnej vedy. Securitologia / Zeszyty naukowe European association for security. № 7, Krakov: EAS publ. 2008. S. 118 – 131.
7. Шутенко Л. М., Серіков Я. О., Золотов С. М. Дослідження будівельних матеріалів та конструктивних елементів будинків і споруд ультразвуковими методами: монографія : – Київ : Техніка, 2005. – 210 с.
8. Серіков, Я. О. Інформаційні технології у вирішенні завдань визначення стану експлуатованих будинків і споруд / Сб. докл. V Междунар. научно-практ. конф. «Качество технологий – качество жизни». Болгария, Солнечный Берег, 2012. С. 19 – 21.
9. Серіков, Я. О. Використання методів еволюційного моделювання для вирішення завдань безпеки життєдіяльності / III Між нар. наук.-практ. конф. «Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства». Харків, ХНАМГ, 2009. Н.-т. сб. «Коммунальное хозяйство городов», № 91, Харків : 2010. С. 92 – 97.
10. Серіков Я. А. Информационные технологии в задаче мониторинга физического состояния эксплуатируемых зданий и сооружений с целью определения возможности и необходимости продления их жизненного цикла / V Международная научно-практич. конф. «Современные проблемы методологии и инновационной деятельности». Филиал КузТУ, г. Новокузнецк, 2012. С. 203 – 205.

REFERENCES

1. Serikov J. A., Kozhenevski L. F. *Bezpeka zhittedijalnosti – sekiuritologija. Problemi. Zavdannia. Shliahi virishennia*. [Life Safety – sekyuritologiya. Problems. Tasks. Ways of solving]. Kharkiv – Krakiv, HNUMG Publ., 2012. T.1 – 172 p., T.2 – 346 p.

2. Korzeniowski L. F., Serikov Y. A. *Evropeiski wymiar securitologii*. [European studies sekyuritologii] monograf. – Kraków, EAS Publ., 2012. – 244 p.
3. Davydov V. G, Kozlov B. V. *Metodi otsenki i obespecheniia bezopasnosti truda v mashinostroenii* [Methods of assessing and ensuring safety in mechanical engineering.] – Moscow: Mechanical Engineering publ. 1992. – 132 p.
4. Korzeniowski L. F. *Securitologia*. Krakov: EAS. 2008. – 311 p.
5. Serikov J. A., Kozhenevski L. F. *Bezpeka zhittediialnosti – sekiuritologiia : pidruchnik* [Life Safety – sekyuritologiya.] textbook. Krakiv, HNUMG Publ., 2014 – 380 p.
6. Hofreiter P. O. *Potrebe bezpechnostney vedy. Seciuritologiia*. [Necessary safety science. Securitology] Zeszyty naukowe European association for security. № 7, Krakow : EAS publ. 2008. Pp. 118 – 131.
7. Shutenko L. M., Serikov J. A., Zolotov S. M. *Doslidzhennia budivelnih materialiv ta konstruktivnykh elementiv budynkiv i sporud ultrazvukovymy metodamy* [Investigation of building materials and structural elements of buildings and structures ultrasonic methods] : monograph – Kyiv: Engineering publ., 2005. – 210 p.
8. Serikov J. A. *Informatsiyni tehnologii u vyrishenni zavdan vyznachennia stanu ekspluatovanykh budynkiv i sporud* [Information technology in solving problems of determining the status of maintained buildings and facilities] V Mezhdunarodnoy dokladov collections of scientific and practical. Conf. «The quality of technology – quality of life». Bulgaria, Sunny Beach, 2012. Pp. 19 – 21.
9. Serikov A. J. *Vykorystannia metodiv evoliutsiinogo modeliuвання dlia virishennia zavdan bezpeky zhyttediialnosti* [Use of evolutionary modeling to solve problems of life safety] International nauk. and practical. conf. «The safety of human life as a condition for the sustainable development of modern society» Kharkov, KSAME, 2009. Scientific and Technical collections of «Cities kommunalnoe economy», № 91, Kharkiv, 2010. P. 92 – 97.
10. Serikov J. A. *Informatsiomye tehnologii v zadache monitoringa fizicheskogo sostoianniia ekspluatiruemyykh zdaniy i sooruzheniy s tseliu opredeleniia vozmozhnosti i neobkhodimosti prodleniia ih zhiznennogo tsikla* [Information Technology in the task of monitoring the physical condition of buildings and structures exploited in order to determine the possibility and necessity of extending their life cycle] V International scientific-practical. Conf. «Modern problems of methodology and innovation» Branch KuzTU, Novokuznetsk, 2012. P. 203 – 205.

Стаття рекомендована до друку д-ром техн. наук професором кафедри охорони праці та та безпеки життєдіяльності ХНУМГ імені О.М. Бекетова О. В. Третьяковим (Україна); д-ром техн. наук професором кафедри прикладної математики та інформаційних технологій ХНУМГ імені О.М. Бекетова А.Л. Літвіновим (Україна)

Статья поступила в редколлегию 02.09.2016