

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬОТНА АКАДЕМІЯ
НАЦІОНАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

**МАТЕРІАЛИ
VIII Міжнародної
науково-практичної
конференції**

*"Управління високошвидкісними рухомими об'єктами
та професійна підготовка операторів
складних систем"*

20 грудня 2019 року

Кропивницький, 2019

Анализ моделей природной среды, физических процессов и методов, используемых для оперативной оценки уровня радиационной опасности на авиатрассах

В соответствии с требованиями документов Международной организации гражданской авиации [1], возникла необходимость разработки и внедрения в авиакомпаниях гражданской авиации Украины современных методов расчета дозовых нагрузок летного персонала, а также оперативной оценки уровня радиационной опасности на авиатрассах. В настоящее время в Украине отсутствуют отечественные разработанные методики оперативной оценки уровня радиационной опасности на авиатрассах. Существенно и то, что исходные распределения уровней радиации при такой оценке рассчитываются для геофизических масштабов, которые значительно больше масштабов отдельных участков полётов воздушных судов [2]. Геофизические масштабы соответствуют подробности знаний о распределении магнитного поля Земли, состоянии атмосферы Земли и т.п. Кроме того, в Украине отсутствует Национальный прогностический центр космической погоды и отечественный источник данных о космической погоде. Поэтому для оперативного расчета уровня радиационной опасности на высотах авиаперелетов, необходимо предусмотреть возможность использования и верификации информации о космической погоде с различных передовых мировых прогностических центров, что позволит сделать расчет максимально приближенными к фактическим [3].

Основные явления космической погоды, приводящие к изменению радиационной обстановки на высотах полёта пилотируемых летательных аппаратов [4, 5, 6]:

1) вариации потоков галактических космических лучей (существенными являются долгопериодические вариации, связанные с модуляцией ГКЛ солнечной активностью и Форбуш-понижения ГКЛ, обусловленные экранировкой потоков ГКЛ межпланетными ударными волнами от солнечных бурь);

2) изменения жёсткостей обрезания для космических лучей (эти изменения вызывают магнитные бури, связанные с приходом к Земле высокоскоростных потоков солнечного ветра от корональных выбросов массы или истечения из корональных дыр);

3) вторжение в магнитосферу Земли космических лучей солнечного происхождения (СКЛ), сгенерированных во время солнечных бурь.

Автоматизированный метод оценки радиационной обстановки, обусловленной космической погодой, для пилотируемых летательных аппаратов в атмосфере Земли должен опираться на целый ряд моделей природной среды и физических процессов, происходящих в этой среде [4, 5]:

1. Модель вариаций ГКЛ, существенных для изменений радиационной обстановки в атмосфере Земли. Эта модель должна включать модель модуляции ГКЛ, описывающая спектр и состав ГКЛ в диапазоне энергий от 100 МэВ до 1 ГэВ в зависимости от солнечной активности, модель изменений потоков ГКЛ во время Форбуш-понижений, и модели переноса ГКЛ в атмосфере Земли при заданной плотности остаточной атмосферы и жёсткости обрезания. Здесь входной параметр – поток ГКЛ на границе атмосферы, выходные параметры – потоки вторичных частиц разного сорта для заданной остаточной плотности и жёсткости обрезания и угловые характеристики потоков.

2. Модель дозовых полей от потоков вторичных частиц. Эта модель должна описывать дозовые поля от потоков частиц разного сорта в фантоме человеческого тела с учетом переноса частиц в различных конструкциях высотных аппаратов.

3. Модель жёсткости обрезания для космических лучей в реальном магнитном поле. Эта модель также может быть разделена на две модели: модель жёсткостей обрезания в

реальном магнитном поле в спокойные периоды и модель жёсткости обрезания во время сильных геомагнитных возмущений.

4. Модель плотности атмосферы. Выходные данные этой модели – таблицы остаточной плотности атмосферы для различных высот, геокоординат и моментов времени.

5. Модель солнечных протонных событий (СПС). Эта модель должна описывать временную эволюцию интенсивности и спектра потоков солнечных протонов с энергиями больше 100 МэВ во время СПС на границе атмосферы.

6. Модель проникновения солнечных протонов в магнитосферу Земли.

7. Модель распространения солнечных протонов в атмосфере Земли.

Для моделирования прохождения ионизирующего излучения на авиатрассах применяются эмпирические, полуэмпирические, стохастические (метод Монте-Карло) и детерминистические методы. Также используют различные способы расчета поглощенной дозы. В результате проведенного анализа как наиболее приемлемый для нашей ситуации нами обоснован метод Монте-Карло для моделирования прохождения ионизирующего излучения. Преимуществом данного метода является то, что в отличие от других методов, метод Монте-Карло, может дать возможность получить наиболее реалистическую картину всех движений и столкновений элементарных частиц, их взаимодействия. Поэтому все компоненты вклада в получаемую дозу могут быть учтены. В дополнение метод Монте-Карло – это метод, который может предоставить полную информацию в трехмерном измерении, что для случая расчета дозовых нагрузок по маршруту авиаперелета очень важно. Недостатком этого метода является неточный расчет доз для случая моделирования столкновений большого количества электронов с высокими энергиями в диапазоне от 50кэВ до 10 МэВ. Однако, поскольку вторичное космическое излучение формирует дозовую нагрузку на высотах авиаперелетов главным образом за счет протонов и нейтронов, этим недостатком можно пренебречь.

Таким образом, на основании проведенного анализа моделей природной среды и физических процессов, происходящих в этой среде, используемых для подсчета дозовых нагрузок, а также проведенного сравнительного анализа используемых методов моделирования прохождения ионизирующего излучения, для более точной оценки уровня радиационной опасности на авиатрассах нами обосновано использование метода Монте-Карло.

Литература

1. ICAO, 2012. Concept of Operations (ConOps) for the Provision of Space Weather Information in Support of International Air Navigation, December 2012/ IAVWOPSG/7-WP/19.

2. Yong L.C., Sigurdson A.J., Ward E.M., Waters M.A., Whelan E.A., Petersen M.R., Bhatti P., Ramsey M.J., Ron E., Tucker J.D. Increased frequency of chromosome translocations in airline pilots with long-term flying experience. *Occup. Environ. Med.*, 2009, pp.56-62.

3. Калашник Г.А., Калашник-Рибалко М.А. Основні заходи щодо забезпечення ефективного функціонування систем управління, зв'язку та навігації в умовах впливу деструктивних геліогеофізичних збурень. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних сил України*. Харків, 2018. №1(30). -С. 92-98.

4. Петрукович А.А. Солнечно-земные связи и космическая погода. *Плазменная гелиофизика*, Москва, 2008. Т.1. С. 175-257.

5. Evaluation of the Cosmic Radiation Exposure of Aircraft Crew. A background to aircrew dose evaluation with results reported within the EC contract FIGM-CT-2000-00068 (DOSMAX), work package 6 – [Эл. ресурс] <http://cordis.europa.eu/documents/75331981EN6.pdf>.

6. Mares V., Maczka T., Leuthold G. and Ruhm W. Aircrew dosimetry with the new EPCARD.Net code. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2009, №136 (4), pp. 17 - 323.