

УДК 351.814.334

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРУЖЕННОСТИ СЕКТОРА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

В.К. ПЕЧЕНЕЖСКИЙ, А.М. САЗОНОВА

Статья представлена доктором технических наук, профессором Нечаевым Е.Е.

Представлены результаты исследования взаимосвязи между загруженностью сектора управления воздушным движением (УВД) и экономической эффективностью полетов воздушных судов (ВС). Предложен показатель, позволяющий определить количество ВС, одновременно находящихся на управлении в секторе УВД, при обеспечении максимальной экономической эффективности полетов ВС. Показано, что существующие методики оценки пропускной способности органа обслуживания воздушного движения (ОВД) в Росавиации и компании DFS не учитывают достаточно важные факторы в работе диспетчера УВД.

Ключевые слова: безопасность полетов, экономическая эффективность полетов ВС, загруженность авиадиспетчера, пропускная способность сектора УВД.

Введение

Главной задачей единой системы организации воздушного движения (ЕС ОрВД) Российской Федерации является обеспечение безопасности воздушного движения при максимальной экономической эффективности полетов. В условиях постоянного роста интенсивности перевозок сложно обеспечить выполнение главной задачи без внедрения новых технических средств, модернизации технологических процедур и совершенствования структуры воздушного пространства.

В связи с этим необходим критерий, позволяющий оценить эффект от внедрения указанных мероприятий и процедур, а также оценить влияние загруженности авиадиспетчера на экономическую эффективность полетов.

Выбор показателя эффективности

Анализ существующих методик оценки пропускной способности органа ОВД, используемых в Росавиации [1] и компанией Deutsche Flugsicherung (DFS) [2] показывает, что в них не учитываются достаточно важные технологические факторы в работе диспетчеров УВД:

1. Временные затраты на ведение радиообмена экипаж - диспетчер, диспетчер - экипаж, согласно требованиям ФАП «Порядок осуществления радиосвязи в воздушном пространстве Российской Федерации» [3].

2. Затраты времени на проведение технологических операций по ведению взаимодействия с человеко-машинным интерфейсом на рабочем месте диспетчера в автоматизированных системах управления воздушным движением (АС УВД).

3. Факторы, учитывающие квалификацию диспетчера, а также присущие ему уникальные психофизиологические реакции.

Возникает необходимость в более достоверном критерии оценки влияния технических и технологических изменений, направленных на совершенствование работы органов ЕС ОрВД.

В настоящей работе предложено оценивать орган (сектор) УВД не по коэффициенту загрузки (K_z) и нормативу пропускной способности (НПС), а по экономической эффективности полетов воздушных судов (ВС).

В соответствии с определением, приведенном в стандартах Международной организации по стандартизации, эффективность – это связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами. Подразумевается эффективность устройства, системы, процесса и т.д., а под термином «ресурсы» могут пониматься людские, временные или финансовые ресурсы. Процесс выбора критерия эффективности является в значительной мере субъективным, требующим в каждом отдельном случае индивидуального подхода.

В данном случае за показатель эффективности принимается величина, равная отношению планируемого времени $t_{\text{план}}$ к фактическому времени обслуживания $t_{\text{обсл}}$ ВС органом УВД, выраженная формулой

$$E = \frac{t_{\text{план}}}{t_{\text{обсл}}} * 100\%. \quad (1)$$

Данный показатель наиболее полно соответствует заинтересованности пользователей воздушного пространства (авиакомпаний) и отвечает требованиям главной задачи ЕС ОрВД РФ.

Максимальная эффективность функционирования органа УВД достигается при условии обслуживания воздушного движения (ВД) согласно утвержденному плану полета для каждого ВС при обеспечении безопасности полетов, т.е. когда $t_{\text{обсл}} = t_{\text{план}}$.

Сектор УВД рассматривается как упрощенная математическая модель (рис. 1), в которой известны время входа ВС на обслуживание, время выхода и продолжительность обслуживания

$$t_{\text{обсл.}} = t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}},$$

где $t_{\text{обсл.}}$ – фактическое время нахождения ВС под управлением в секторе УВД; $t_{\text{вых}}$ – время выхода из сектора УВД; $t_{\text{вх}}$ – время входа в сектор УВД.

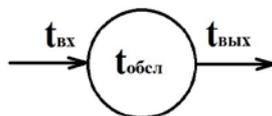


Рис. 1. Упрощенная математическая модель сектора УВД

В общем случае время обслуживания в органе УВД можно представить как

$$t_{\text{обсл}} = t_{\text{план}} + t_{\text{задерж.}}$$

Время задержки ($t_{\text{задерж.}}$) обслуживания ВС в органе УВД носит случайный характер и зависит от многих факторов

$$t_{\text{задерж.}} = f(x_1; x_2; \dots; x_n),$$

где x_n – события, влияющие на задержку, такие как опасные явления погоды, ограничения для нужд государственных органов, загруженность сектора УВД, отказы средств радиотехническое обеспечение полетов (РТОП) и связи и прочее.

При отсутствии внешних событий время обслуживания равно плановому, а показатель эффективности равен 100%

$$t_{\text{обсл}} = t_{\text{план}}, \text{ при } x_1; x_2; \dots; x_n = 0.$$

При предложенном способе оценки сектора УВД отпадает необходимость анализировать сектор с точки зрения технологических аспектов, предложенных в [1], таких как процент неразведённых трасс, количество точек пересечения, наличие государственной границы, радиотехническое оснащение и т.п. И вместе с тем при этом появляется возможность учитывать индивидуальные особенности и квалификацию диспетчера, что может позволить формировать опти-

мальный с точки зрения взаимодействия состав обслуживающий сектор УВД или даже составы, обслуживающие направление (взаимодействующие сектора) в целом.

По экспертным оценкам наибольшее влияние на время задержки $t_{\text{задерж}}$ обслуживания ВС в секторе УВД оказывает количество ВС, одновременно находящихся под управлением.

В качестве примера рассмотрены графики эффективности и интенсивности ВД смежных секторов Московской зоны западного направления Запад-2 и Москва Подход-2 (рис. 2).

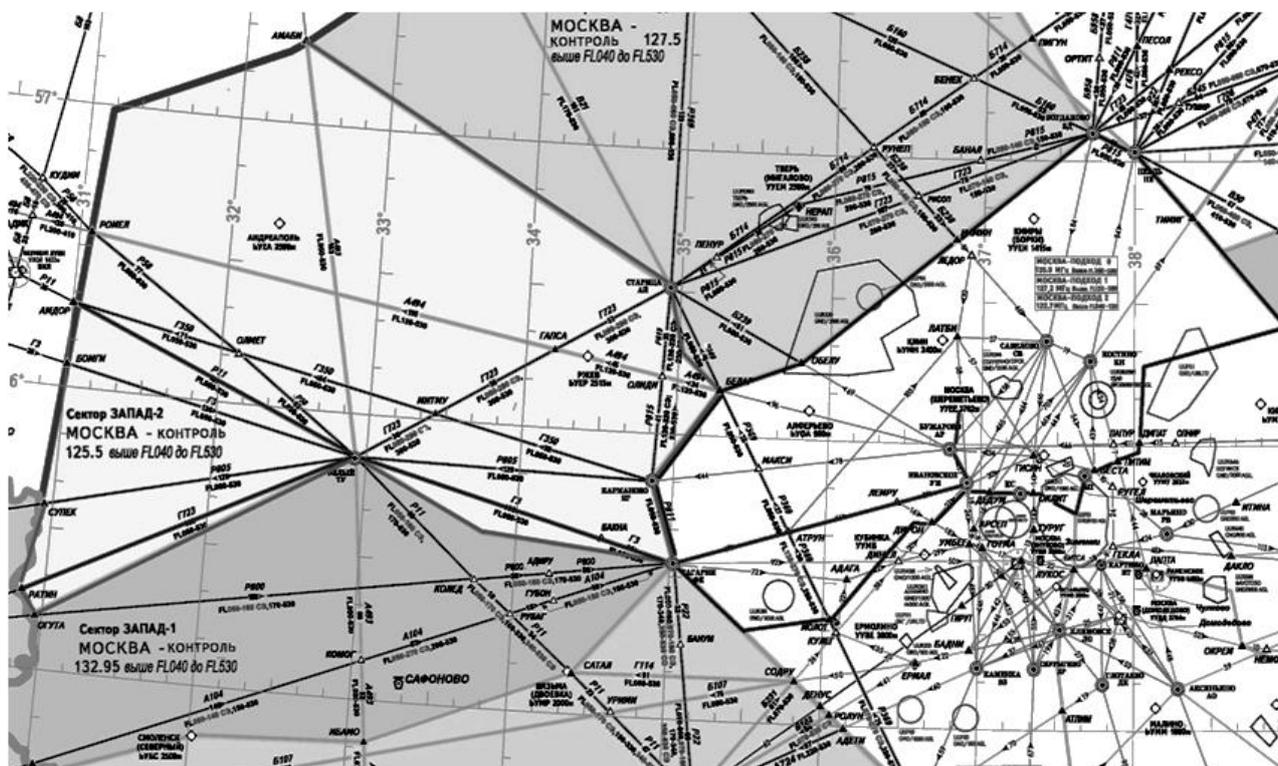


Рис. 2. Границы секторов УВД Запад-2, Москва Подход-2 и трассы

Были проанализированы статистические данные, включающие в себя следующую информацию о каждом ВС, обслуженном 11 января 2014 г.:

- сектор УВД;
- номер рейса;
- тип ВС;
- время выполнения операций приёма/передачи управления;
- рубежи приёма/передачи управления;
- время нахождения ВС под управлением в секторе УВД;
- количество ВС под управлением в секторе УВД;
- аэродром вылета/назначения.

На основе статистических данных была рассчитана эффективность обслуживания E_i каждого воздушного судна под управлением в секторе УВД по формуле (1) и средняя эффективность за каждые пять минут выбранного для рассмотрения интервала времени по формуле

$$E_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i,$$

где n – количество ВС под управлением за 5 мин.

Оценка экономической эффективности полетов ВС в Московской зоне

Для определения времени обслуживания ВС по плану ($t_{\text{план}}$) применены результаты расчетов «трек по плану», а также хронометраж прохождения ВС рубежей приема/передачи на выбранной для анализа трассе ($t_{\text{факт}}$) при низкой интенсивности ВД для разных типов ВС.

Результаты проведенной работы представлены в виде графиков изменения средней эффективности и количества ВС под управлением за интервал времени, выбранного для рассмотрения (5 мин).

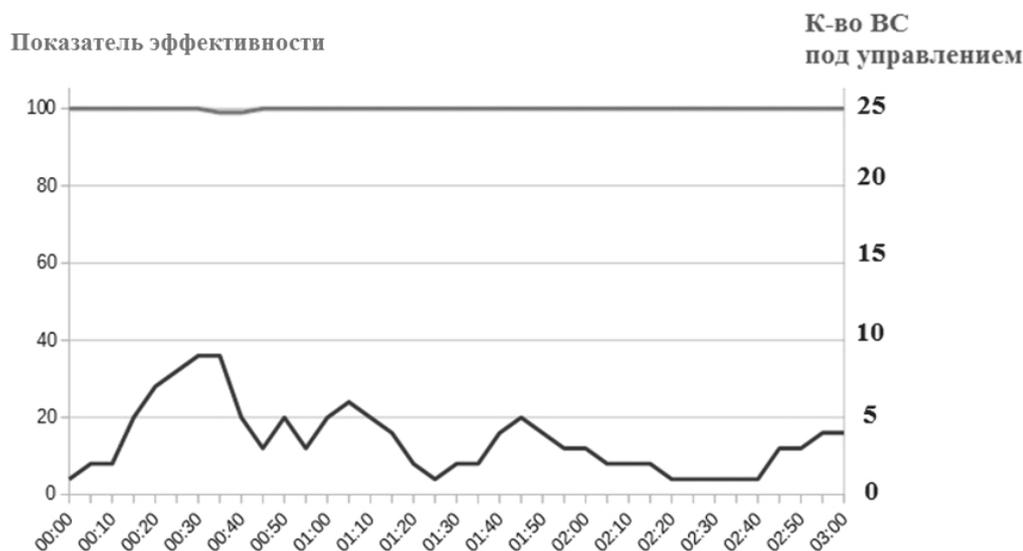


Рис. 3. Запад-2, изменение эффективности и количества ВС под управлением за период времени 00:00-03:00 UTC 11.01.14, низкая интенсивность ВД

Из рис. 3 следует, что при низкой интенсивности ВД эффективность сектора УВД составляет 100%.

Выбранный интервал времени 07:40-12:40 UTC 11.01.14 характеризуется интенсивным прилетом ВС в Московскую зону ЕС ОрВД, что позволяет наиболее наглядно показать влияние интенсивности ВС на экономическую эффективность полетов ВС.

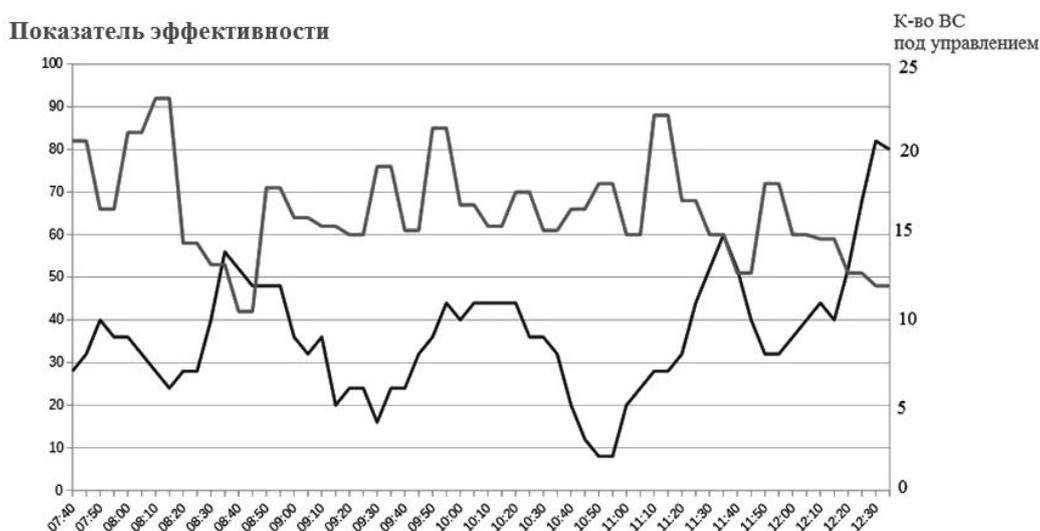


Рис. 4. Запад-2, изменение эффективности и количества ВС под управлением за период времени 07:40-12:40 UTC 11.01.14

Из рис. 4 видно, что при повышении количества ВС под управлением эффективность падает и наоборот - при понижении числа ВС под управлением эффективность возрастает. При этом существует вполне объяснимая инерционность.

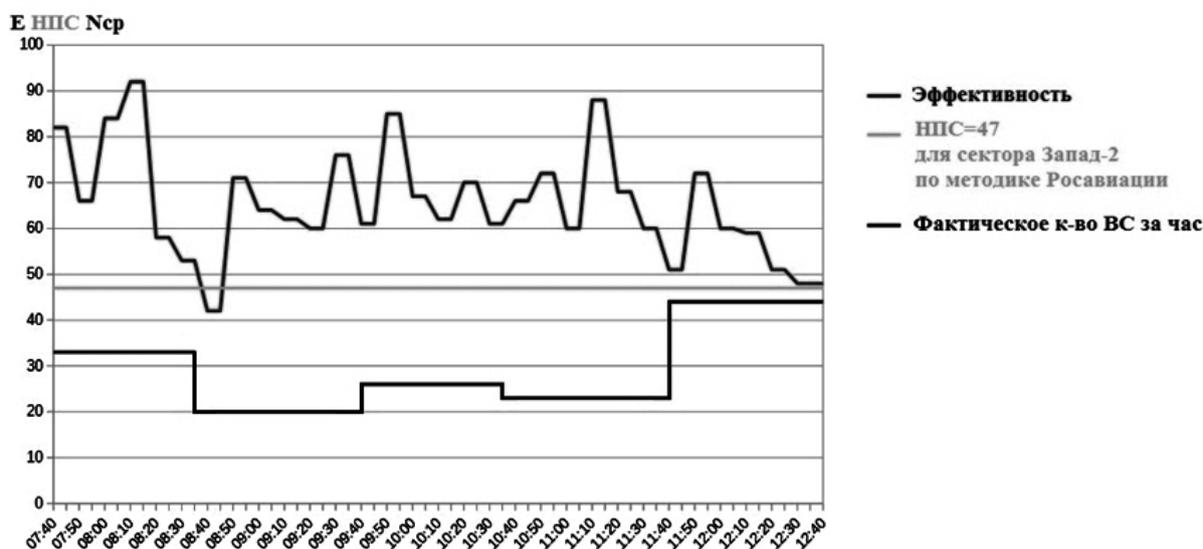


Рис. 5. Запад-2, эффективность, НПС при $K_z=0,55$ и фактическое количество ВС/ч за период времени 07:40-12:40 UTC 11.01.14

Рис. 5 показывает, что при обслуживании в течение часа значительно меньшего количества ВС, чем НПС, рассчитанный по методике Росавиации [1], эффективность работы сектора Запад-2 в среднем составляет примерно 75%, хотя, казалось бы, для понижения значений эффективности нет объективных факторов.

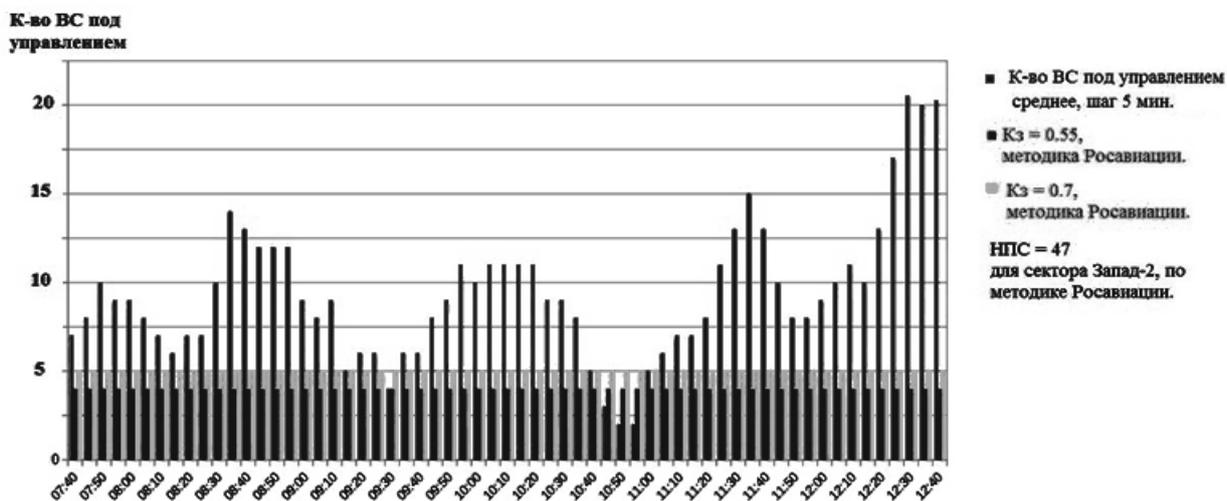


Рис. 6. Запад-2, фактическое количество ВС под управлением (шаг 5 мин) при $K_z=0,55$ и $K_z=0,7$ период времени 07:40-12:40 UTC 11.01.14

Из гистограммы на рис. 6 следует, что нагрузка сектора носит неравномерный характер с явным и значительным превышением K_z диспетчера, рассчитанного по методике Росавиации [1]. Аналогичная ситуация наблюдается для сектора Москва Подход-2 (рис. 7-9).

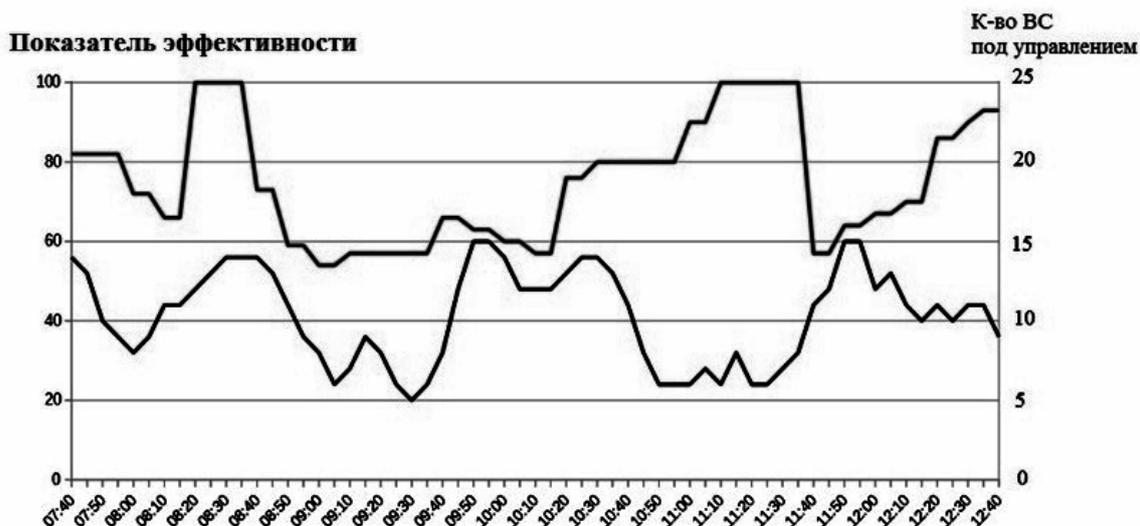


Рис. 7. Москва Подход-2, изменение эффективности и количества ВС под управлением за период времени 07:40-12:30 UTC 11.01.14

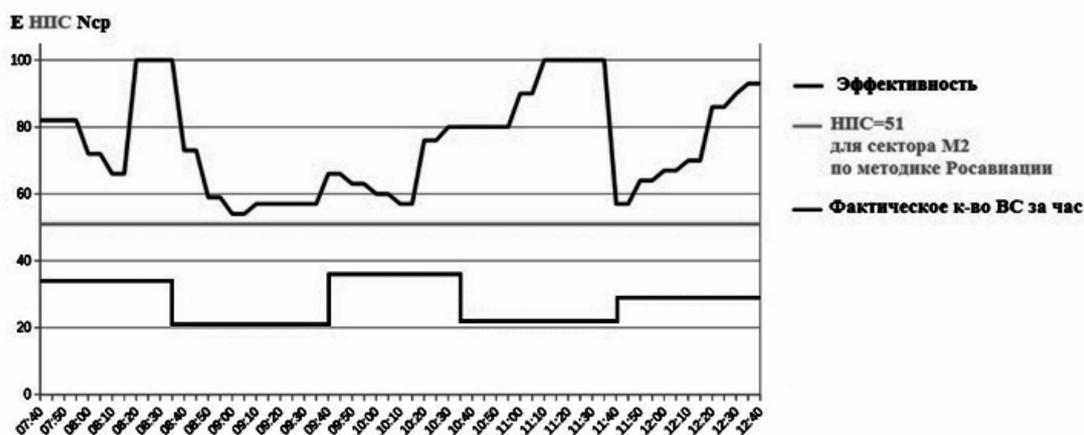


Рис. 8. Москва Подход-2, эффективность, НПС при $K_3=0,55$ и фактическое количество ВС/ч за период времени 07:40-12:40 UTC 11.01.14

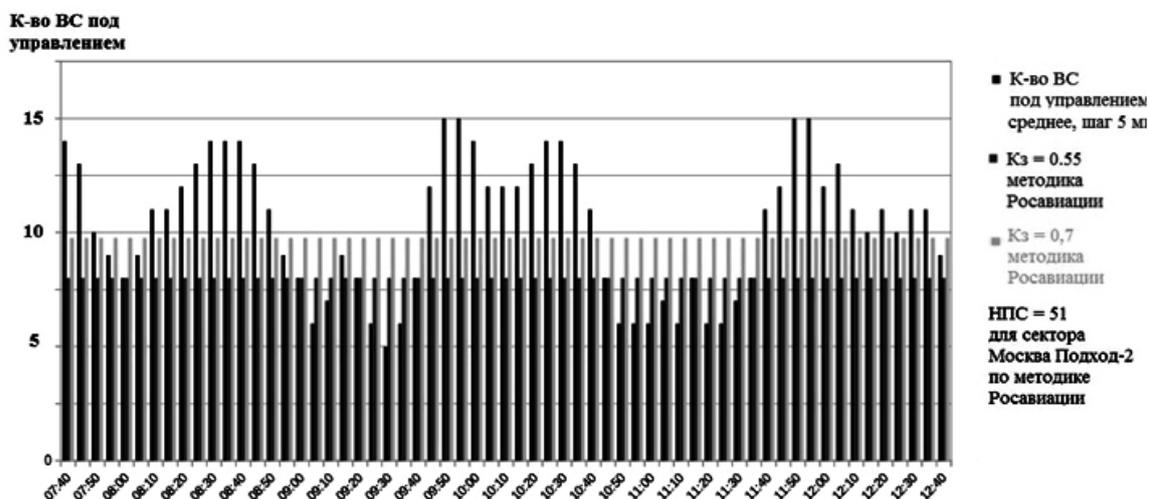


Рис. 9. Москва Подход-2, фактическое количество ВС под управлением (шаг 5 мин) при $K_3=0,55$ и $K_3=0,7$ период времени 07:40-12:40 UTC 11.01.14

Рис. 7-9 показывают, что сказанное о взаимной зависимости, эффективности и количестве ВС под управлением справедливо как для секторов РДЦ, так и для секторов МУДР Московской зоны, несмотря на то что время обслуживания в секторах МУДР в разы меньше. Как пример: сектор Запад-2 время обслуживания $t_{cp}=21$ мин и 24 мин в зависимости от трассы и типа ВС, для сектора М2 $t_{cp}=5$ мин.

Заключение

На основании проведенных исследований и полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Безопасность воздушного движения зачастую достигается за счет снижения экономической эффективности полетов ВС.

2. Предложенный показатель позволяет определить максимальное количество ВС, одновременно находящихся в секторе УВД при обеспечении максимальной экономической эффективности полетов.

3. Видна корреляция между количеством ВС на управлении в секторе УВД и временем обслуживания.

4. Полученные результаты достаточно точно отражают реальную картину загрузки сектора УВД, показывают низкую эффективность органов планирования ВД в части равномерности загрузки секторов УВД, что неизбежно приводит к перегрузке диспетчера УВД.

5. Применение предложенного способа оценки экономической эффективности полетов ВС на тренажерах УВД позволит оценивать и сравнивать эффективность внедрения различных организационных, процедурных, технологических и технических мероприятий в органах УВД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика определения нормативов пропускной способности диспетчерских пунктов (секторов) органов обслуживания воздушного движения: утв. приказом руководителя Росавиации от 07.11.2011 г. № 757.

2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.flugsicherung.de/>.

3. ФАП. Порядок осуществления радиосвязи в воздушном пространстве Российской Федерации: утв. приказом от 26 сентября 2012 г. № 362.

ASSESSMENT OF AIR TRAFFIC CONTROL UNIT LOAD INFLUENCE ON ECONOMIC EFFICIENCY OF FLIGHTS

Pechenezhskiy V.K., Sazonova A.M.

Results of researches which indicate correlation between air traffic control unit load and economic efficiency of flights are given in this article. Proposed measure allows determining the quantity of aircrafts being under control at a time in the unit with maximum economic efficiency of flights.

Keywords: air safety, economic efficiency of flights, ATC workload, capacity of ATC unit.

Сведения об авторах

Печенежский Владимир Константинович, 1951 г.р., окончил КИИГА (1974), кандидат технических наук, доцент кафедры управления воздушным движением МГТУ ГА, старший инженер МЦ АУВД, автор 10 научных работ, область научных интересов – техническая эксплуатация средств РТОП и АС, автоматизация процессов УВД.

Сазонова Анна Михайловна, окончила МГТУ ГА (2014), аспирантка МГТУ ГА, авиадиспетчер МЦ АУВД, область научных интересов – автоматизация процессов УВД.