

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ЛОГИСТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 621.311.22 + 504.5

**О.А. Алдухов, А.Ф. Брюхань\***

*ВНИИГМИ-МЦД, \*ООО «ГрафПроектСтройИзыскания»*

### ПАКЕТ ПРОГРАММ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ АТМОСФЕРНОЙ ДИСПЕРСИИ ПРИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ ОБОСНОВАНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС И ТЭС

Для использования и статистической обработки большого объема исходной аэрологической информации на площадках намеченного строительства АЭС и ТЭС разработан специальный программный комплекс. Пакет программ ориентирован на расчет основных характеристик атмосферной дисперсии. Использование этих программ предусматривает предварительную подготовку рабочей базы данных по опорной аэрологической станции. Отмечается отсутствие принципиальных ограничений на объем входных данных, который может увеличиваться по мере накопления аэрологической информации, и необходимость предварительной подготовки рабочей базы данных по опорной аэрологической станции.

**Ключевые слова:** атомная электростанция, тепловая электростанция, инженерные изыскания, атмосферная дисперсия, пограничный слой атмосферы, выбор пункта, выбор площадки, аэрологические данные, пакет программ.

Основной средой, через которую происходит загрязнение других ландшафтных оболочек территорий, прилегающих к АЭС и ТЭС, является атмосферный воздух, в который из вентиляционных и дымовых труб выбрасываются загрязняющие агенты в газообразном, аэрозольном и твердом состояниях. Требованиями действующих нормативно-технических документов к инженерным изысканиям для строительства АЭС и ТЭС предусмотрены детальные исследования атмосферной дисперсии пунктов<sup>1</sup> и площадок<sup>2</sup> их размещения [1, 2].

Исследование атмосферной дисперсии при выборе площадок размещения АЭС и ТЭС проводится с целью определения полей концентраций выбросов и последующей оценки техногенных нагрузок на ландшафтные компоненты и человека. Рассеивающие свойства пограничного слоя атмосферы (от поверхности земли до высоты 2-3 км) определяются в первую очередь степенью развития турбулентности, от которой зависит атмосферное перемешивание примесей, и полем ветра, осуществляющего перенос примесей. В свою очередь степень развития турбулентности связана с температурной стратификацией пограничного слоя. Таким образом, исследование атмосферной дисперсии сводится в конечном счете к изучению аэроклиматических характеристик температурно-ветрового режима [3, 4].

Исследование атмосферной дисперсии для выбора пунктов и площадок ТЭС и АЭС предусматривает следующие основные этапы:

<sup>1</sup>Пункт строительства АЭС (ТЭС) — территория в границах административного, экономического района, включающая возможные площадки строительства АЭС (ТЭС).

<sup>2</sup>Площадка строительства АЭС (ТЭС) — территория, которая может быть отведена под строительство АЭС (ТЭС), обеспечивающая возможность размещения всех объектов проектируемой АЭС (ТЭС) при минимальном неблагоприятном воздействии ее на окружающую среду.

проведение циклов полевых работ на пункте/площадке для установления репрезентативности опорной (ближайшей) аэрологической станции Росгидромета по отношению к пункту/площадке. На основании статистического анализа результатов синхронных наблюдений на пункте/площадке и опорной аэрологической станции устанавливается возможность использования данных многолетних наблюдений на опорной станции. В случае наличия систематических отклонений между результатами измерений температуры и ветра на пункте/площадке и на опорной станции в последующие расчеты вносятся соответствующие поправки. Описанная процедура является привязкой пункта/площадки к опорной аэрологической станции;

статистическую обработку данных многолетних аэрологических наблюдений на опорной станции и определение расчетных аэроклиматических характеристик.

Ниже остановимся на процедуре статистической обработки аэрологических данных в пограничном слое.

1. *Основные расчетные характеристики атмосферной дисперсии.* Требованиями [1, 2] определяются следующие расчетные аэроклиматические характеристики для выбора площадки АЭС и ТЭС, а также для проектирования АЭС и ТЭС:

число наблюдений ветра и температуры на высотах 0, 100, 200, 300, 500, 600, 900, 1000, 1500, 2000 и 3000 м (по сезонам и за год);

повторяемости, %, штилей на высотах 0, 100 и 200 м (по месяцам, сезонам и за год);

повторяемости, %, штилей и слабых ветров (0-2 м/с) на высотах 0, 100 и 200 м (по месяцам, сезонам и за год);

повторяемости, %, классов устойчивости атмосферы (по месяцам, сезонам и за год);

среднее значение, м, высоты слоя перемешивания (по сезонам и за год для 4 сроков суток и независимо от сроков);

средние значения, м, высоты слоя перемешивания при разных классах устойчивости атмосферы (по сезонам и за год);

средние значения вертикального градиента температуры, °С/100 м, в слоях 0-300, 0-600 и 0-900 м (по сезонам и за год для 4 сроков суток и независимо от сроков);

повторяемости, %, и средние значения мощности, м, и интенсивности, °С, приземных инверсий в слоях 0-300, 0-600, 0-900, 0-2000 м (по сезонам и за год для 4 сроков суток и независимо от сроков);

повторяемости, % и средние значения мощности, м, и интенсивности, °С, приподнятых инверсий в слое 0-2000 м по градациям высот нижней границы 0-300, 301-600, 601-900, 901-2000 м (по сезонам и за год для 4 сроков суток и независимо от сроков);

средняя скалярная скорость, м/с, модуль, м/с, и направление, град., среднего результирующего вектора ветра на высотах 0, 100, 200, 300, 500, 1000, 2000 м (по сезонам и за год для 4 сроков суток и независимо от сроков);

средняя скалярная скорость, м/с, модуль, м/с, и направление, град., среднего результирующего вектора ветра, осредненного по вертикальным слоям 0-100, 0-200, 0-300, 0-500, 0-1000, 0-2000 м (по сезонам и за год);

повторяемости, %, направлений ветра в 8 румбах и штилей на высотах 0, 100, 200, 300, 500, 1000, 2000 м (по сезонам и за год);

средние скорости ветра в 8 румбах на высотах 0, 100, 200, 300, 500, 1000, 2000 м (по сезонам и за год);

повторяемости, %, направлений ветра в 16 румбах и штилей на высотах 0, 100, 200, 300, 500, 1000, 2000 м (по сезонам и за год);

средние скорости ветра в 16 румбах на высотах 0, 100, 200, 300, 500, 1000, 2000 м (по сезонам и за год);

совместные повторяемости, %, скоростей ветра в градациях 0, 1, ..., 5, 6-10, 11-15, ..., 26-30, > 30 м/с и направлений в 8 румбах на высотах 0, 100, 200, 300, 500 м (по сезонам и за год);

совместные повторяемости, %, скоростей ветра в градациях 0, 1, ..., 5, 6-10, 11-15, ..., 26-30, > 30 м/с и направлений в 16 румбах на высотах 0, 100, 200, 300, 500 м (по сезонам и за год);

совместные повторяемости, %, классов устойчивости атмосферы, скоростей ветра в градациях: 0, 1, ..., 5, 6-10, 11-15, ..., 26-30, > 30 м/с и направлений ветра в 16 румбах на высотах 0, 100 и 200 м (для среднегодовых условий);

совместные повторяемости, %, осадков и туманов, скоростей ветра в градациях: 0, 1, ..., 5, 6-10, 11-15, ..., 26-30, > 30 м/с и направлений ветра в 16 румбах на высотах 0, 100 и 200 м (для среднегодовых условий).

На стадии инженерных изысканий по выбору пункта размещения АЭС и ТЭС предусмотрена менее полная совокупность характеристик из тех, которые приведены выше. Основные из перечисленных характеристик дают качественную картину условий атмосферной дисперсии. Массив совместных повторяемостей классов устойчивости, скоростей ветра в градациях и направлений ветра в румбах для среднегодовых условий обеспечивает получение климатического поля коэффициента метеорологического разбавления выбросов от высоких источников применительно к гауссовой модели атмосферной дисперсии [4]. Последующее определение концентраций загрязняющих агентов не представляет труда.

2. *Базы аэрологических данных по пограничному слою атмосферы.* До настоящего времени в большинстве случаев расчетные аэроклиматические характеристики определялись на основе данных архива «Погслой», разработанного во ВНИИГМИ-МЦД, содержащего результаты 4-срочных (по срокам суток) радиозондовых наблюдений по 146 станциям СССР за период 1961—1970 гг. [5]. В этом архиве представлены следующие данные:

температура, давление, относительная влажность воздуха — у поверхности земли, на высотах 300, 600, 900 м над поверхностью земли и на высотах 200, 500, 1000, 1500, 2000, 3000 м над уровнем моря;

скорость и направление ветра — у поверхности земли, на высотах 100, 200, 300, 500, 600, 900 м над поверхностью земли и на высотах 200, 500, 1000, 1500, 2000, 3000 м над уровнем моря.

Очевидно, что указанный 10-летний период наблюдений не может обеспечить достоверную оценку аэроклиматических характеристик пограничного слоя атмосферы по своей продолжительности, тем более, что он отдален от настоящего времени более чем на 40-50 лет. Работы, выполненные в последние годы (см. например [6]), позволяют сформировать базу аэрологических данных значительно большей продолжительности и более детального высотного разрешения.

За период с января 1964 г. по декабрь 2010 г. накоплен огромный массив данных по аэрологической сети России в слое от уровня земли до уровня изобарической поверхности 10 гПа. Этот массив содержит, в частности, данные стандартного зондирования атмосферы, а также данные об особых точках вертикальных профилей температуры и ветра, — там, где нарушается линейность изменения их вертикальных профилей. Данные радиозондирования атмосферы ориентированы главным образом на получение информации о состоянии свободной атмосферы. Тем не менее значительное число аэрологических телеграмм содержат достаточно большое число наблюдений в пограничном слое. В среднем внутри него имеется 7-8 высот наблюдения, главным образом в особых точках.

Однако для того, чтобы использовать эти данные для прикладных расчетов, необходимо провести специальную обработку этих данных с учетом специфики решаемых задач. Во-первых, по имеющимся вертикальным профилям радиозондовых наблюдений необходимо получение значений температуры и ветра на стандартных высотах пограничного слоя атмосферы, и, во-вторых, необходим дополнительный контроль качества имеющихся данных с акцентом именно на пограничный слой. При подготовке рабочей базы данных использованы специальные методы контроля данных и их

вертикальной интерполяции, описанные в [7]. Такая база данных, оформленная в виде файла «Данные.doc», охватывает период с января 1964 г. по декабрь 2010 г.

Помимо возможности привлечения аэрологических данных за длительный период (более чем за 40 лет) используемая процедура вертикальной интерполяции данных [7] обеспечивает достаточно достоверные результаты при определении расчетных характеристик пограничного слоя.

3. *Пакет программ статистической обработки данных.* Пакет программ BL\_PROGS предназначен для расчета климатических характеристик пограничного слоя атмосферы в районе расположения опорной аэрологической станции по многолетним данным аэрологического зондирования атмосферы в пограничном слое. Программы учитывают наличие поправок на систематические отклонения между результатами измерения температуры и ветра на пункте/площадке АЭС или ТЭС и на опорной станции. Комплекс программ ориентирован на использование рабочей базы данных «Данные.doc», упомянутой выше. Результатом работы программ являются таблицы, содержащие статистические характеристики, перечисленные в пункте 1. Для расчета каждой таблицы предусмотрена отдельная программа.

Отдельный файл содержит название и синоптический номер аэрологической станции, а также ее географические координаты и высоту над уровнем моря.

Программы не имеют принципиальных ограничений на объем входных данных, который может меняться по мере накопления аэрологической информации. Пакет программ составлен на языке программирования Microsoft FORTRAN PowerStation 4.0.

*Заключение.* 1. Приводится описание пакета компьютерных программ статистической обработки аэрологических данных для оценки условий атмосферной дисперсии на площадках намечаемого строительства АЭС и ТЭС.

2. Отмечается, что для использования пакета программ необходима предварительная подготовка рабочей базы данных по опорной аэрологической станции.

#### Библиографический список

1. ВСН 34 72.111—92. Инженерные изыскания для проектирования тепловых электрических станций. М. : Минтопэнерго РФ, 1992. 121 с.
2. Основные требования по составу и объему изысканий и исследований при выборе пункта и площадки АС (СППНАЭ—87, п. 4.1). М. : Минатомэнерго СССР, 1987. 93 с.
3. Брюхань Ф.Ф., Иванов В.Н. Концептуальная схема аэрометеорологических исследований при выборе пункта и площадки атомных станций // Труды ИЭМ. 1992. Вып. 55 (155). С. 3—12.
4. Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting: A Safety Guide // IAEA Safety series. No 50-SG-S3. Vienna, IAEA, 1980. 108 pp.
5. Соколов Ю.Ю. Архив срочных аэрологических данных в пограничном слое на МЛ ЕС ЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1987. Вып. 140. С. 48—55.
6. Руденкова Т.В. Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2010. Вып. 174. С. 41—63.
7. Alduchov O.A., Eskridge R.E. Complex Quality Control of Upper Air Parameters at Mandatory and Significant Levels for the CARDS Dataset: NCDC Report. Asheville (NC), 1996. 151 pp.

Поступила в редакцию в январе 2012 г.

**Об авторах:** Алдухов Олег Александрович — кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных» (ФГБУ «ВНИИГМИ — МЦД»), 249020, Калужская обл., г. Обнинск, ул. Королева, 6, +7(48439)74-604, aoa@meteo.ru;

Брюхань Андрей Федорович — кандидат технических наук, главный инженер проекта, ООО «ГрафПроектСтройИзыскания», 141100, Московская обл., г. Щелково, ул. Фабричная, 1, +7(495)-637-67-71, vvw@land.ru.

Для цитирования: Алдухов О.А., Брюхань А.Ф. Пакет программ статистической обработки аэрологических данных для оценки условий атмосферной дисперсии при геоэкологическом обосновании строительства АЭС и ТЭС // Вестник МГСУ. 2012. № 2. С. 188—193.

O.A. Alduhov, A.F. Brjuhan'

**SOFTWARE PACKAGE FOR STATISTICAL PROCESSING OF UPPER-AIR DATA DESIGNATED FOR ASSESSMENT OF CONDITIONS OF ATMOSPHERIC DISPERSION AS PART OF GEOECOLOGICAL JUSTIFICATION OF CONSTRUCTION OF NUCLEAR AND THERMAL POWER PLANTS**

Investigation of the atmospheric dispersion as part of the process of selection of sites to accommodate nuclear and thermal power plants is performed to identify concentration fields of emissions and to assess the anthropogenic impact produced on the landscape components and human beings. Scattering properties of the atmospheric boundary layer are mainly determined by the turbulence intensity and the wind field. In its turn, the turbulence intensity is associated with the thermal stratification of the boundary layer. Therefore, research of the atmospheric dispersion is reduced to the study of temperature and wind patterns of the boundary layer. Statistical processing and analysis of the upper-air data involves the input of the data collected by upper-air stations. Until recently, the upper-air data covering the standard period between 1961 and 1970 were applied for these purposes, although these data cannot assure sufficient reliability of assessments in terms of the properties of the atmospheric dispersion. However, recent scientific and technological developments make it possible to substantially increase the data coverage by adding the upper-air data collected within the period between 1964 and 2010. The article has a brief overview of BL\_PROGS, a specialized software package designated for the processing of the above data. The software package analyzes the principal properties of the atmospheric dispersion. The use of the proposed software package requires preliminary development of a database that has the information collected by an upper-air station. The software package is noteworthy for the absence of any substantial limitations imposed onto the amount of the input data that may go up in proportion to the amount of the upper-air data collected by upper-air stations.

**Key words:** nuclear power plant, thermal power plant, atmospheric dispersion, atmospheric boundary layer, point selection, site selection, upper-air data, BL\_PROGS software package.

**References**

1. VSN 34 72.111—92. *Inzhenernye izyskanija dlja proektirovanija teplovyh jelektricheskikh stancij*. [Engineering Survey for the Design of Thermal Power Plants]. Moscow, Mintopjenergo RF, 1992, 121 p.
2. *Osnovnye trebovanija po sostavu i ob#emu izyskanij i issledovanij pri vybore punkta i ploschadki AS (SPPNAJe—87, p. 4.1)* [Basic Requirements for the Composition and Volume of Engineering Survey and Research in Nuclear Stations Siting]. Moscow, Minatomjenergo SSSR, 1987, 93 p.
3. Brjuhan' F.F., Ivanov V.N. *Konceptual'naja shema ajerometeorologicheskikh issledovanij pri vybore punkta i ploschadki atomnyh stancij* [The Conceptual Scheme of Aerometeorological Investigation in Selecting of the Area of Nuclear Power Plants Siting]. Trudy IJeM. 1992, Issue # 55 (155), pp. 3—12.
4. Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting: A Safety Guide. IAEA Safety series. # 50-SG-S3, Vienna, IAEA, 1980, 108 p.
5. Sokolov Yu.Yu. *Arhiv srochnyh ajerologicheskikh dannyh v pograničnom sloe na ML ES JeVM* [Current Upper-Air Data Archive in the Boundary Layer on the Magnetic Tapes of ES Computers]. Trudy VNIIGMI-MCD, 1987, Issue # 140, pp. 48—55.
6. Rudenkova T.V. *Format arhivacii tekusčih ajerologicheskikh dannyh, postupajusčih po kanalim svjazi dlja PJeVM* [An Archiving Format of the Current Upper-Air Data Received Via the Communication Channels for PCs]. Trudy VNIIGMI-MCD, 2010, Issue # 174, pp. 41—63.
7. Alduhov O.A., Eskridge R.E. Complex Quality Control of Upper Air Parameters at Mandatory and Significant Levels for the CARDS Dataset: NCDC Report, Asheville (NC), 1996, 151 pp.

**About authors:** **Alduhov Oleg Aleksandrovich** — Candidate of Physics and Mathematics, Senior Research Fellow, **Russian Institute for Hydrometeorological Information — World Data Center (RIHMI-WDC)**, 6 Koroleva Str., Obninsk City, Kaluga Region, Russia, 249020, 8 (48439) 74-604, [aoa@meteo.ru](mailto:aoa@meteo.ru);

**Brjuhan' Andrej Fedorovich** — Candidate of Technical Sciences, Chief Project Engineer, **OOO GrafProektStroyizskaniya**, 1 Fabrichnaya Str., Schelkovo, Moscow Region, 141100, Russia, 8 (495) 637-67-71, [vvwv@land.ru](mailto:vvwv@land.ru).

**For citation:** Alduhov O.A., Brjuhan' A.F. *Paket programm statisticheskoy obrabotki ajerologicheskikh dannyh dlja ocenki uslovij atmosfernoj dispersii pri geojekologicheskom obosnovanii stroitel'stva AJES i TJES* [Software Package for Statistical Processing of Upper-Air Data Designated for Assessment of Conditions of Atmospheric Dispersion As Part of Geoecological Justification of Construction of Nuclear and Thermal Power Plants], *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2012, Issue # 2, pp/ 188—192.