

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ОЖИДАЕМЫХ НАГРУЗОК ВЕТРА НА ПРОВОДА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Сотников Н.А.

Воронежский ГАСУ (394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84), e-mail: isi.journal@yandex.ru

Энергетика России заложена и построена еще в СССР в 1920 г. как единое целое на плановой основе. Линии электропередач составляют основу энергосистемы. Они состоят из воздушных линий (ВЛ) основной и распределительной сети. ВЛ основной сети обеспечивают связь между крупными электростанциями и передачу мощности от них в районы потребления электроэнергии. ВЛ распределительной сети обеспечивают передачу электроэнергии от подстанций (ПС) основной сети и электростанций к потребителям энергии. В работе был проведен анализ климатических данных как исходных данных технических условий проектирования, расчетов, а также эксплуатации любых линий электропередач (ЛЭП) и контактных сетей. На основе приведенной методики расчета тяжений провода ЛЭП разработано программное обеспечение, предназначенное для расчета ожидаемых нагрузок ветра на провода воздушной линии электропередач в среде интегрированной разработки Borland C++ Builder 6.0. Программа обладает удобным пользовательским интерфейсом и позволяет в кратчайшие сроки проводить множественные расчеты с различным набором исходных данных.

Ключевые слова: линии электропередач, воздушные линии, тяжения провода, вес провода, нагрузка

DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE FOR CALCULATION OF EXPECTED LOADINGS THE BRANCH ON OVERHEAD POWER TRANSMISSION LINE WIRES

Sotnikov N. A.

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering (394006, Voronezh, 20 years of October St., 84), e-mail: isi.journal@yandex.ru

The power industry of Russia is put and constructed in the USSR in 1920 as a unit on a planned basis. Power lines make a power supply system basis. They consist of the air-lines of the main and distributive network. VL of the main network provide communication between large power plants and power transfer from them to areas of electricity consumption. Air-lines of a distributive network provide electric power transfer from substations of the main network and power plants to consumers of energy. In work the analysis of climatic data as basic data of specifications of design, calculations, and also operation of any power lines (high voltage line) and contact networks was carried out. On the basis of the given method of calculation of weight of a wire of the high voltage line the software intended for calculation of expected loads of a wind on wires of an overhead power transmission line in the environment of integrated development of Borland C++ by Builder 6.0 is developed. The program possesses the convenient user interface and allows to carry out to the shortest terms multiple calculation with a various set of basic data.

The key words: power lines, air-lines, wire wieght, wire weight, loading

Энергетика России с момента принятия плана ГОЭЛРО в 1920г. строилась как единое целое на плановой основе. Заложенные в Плане ГОЭЛРО энергетических мощностей, централизация управления были ведущими на все последующие семь десятилетий развития энергетики. Созданная в результате этого Единая энергосистема и сейчас успешно обслуживает народное хозяйство страны.

Линии электропередач составляют основу энергосистемы. Они состоят из воздушных линий (ВЛ) основной и распределительной сети. ВЛ основной сети обеспечивают связь между крупными электростанциями и передачу мощности от них в районы потребления электроэнергии. ВЛ распределительной сети обеспечивают передачу электроэнергии от подстанций (ПС) основной сети и электростанций к потребителям энергии.

При проектировании основной электрической сети энергосистем рекомендуется:

- намечать линии электропередачи через крупные узлы нагрузки, избегать прямых связей между электростанциями;
- производить выбор схемы присоединения электростанции и ПС к основной сети с учетом надежности питания узла электрической сети и необходимости обеспечения транзита мощности по ВЛ;
- сооружать между двумя узлами сети по одной трассе, как правило, не более двух линий электропередачи одного напряжения. При необходимости дополнительного усиления сети следует рассматривать целесообразность сооружения ВЛ по другим направлениям или выполнение электропередачи на более высоком напряжении.

Климатические факторы — основа исходных данных технических условий проектирования, расчетов, а также эксплуатации любых ЛЭП и контактных сетей, относящихся к устройствам наружной установки. От температуры окружающего воздуха зависят усилия (натяжения) проводов, действующие на опорно-поддерживающие устройства, а также требования, предъявляемые к материалам по хладоломкости. Воздействия ветра и гололеда определяют расчетные горизонтальные и вертикальные нагрузки на подвешенные провода и элементы других подсистем контактных сетей и ВЛ. От нагрузок и собственного веса проводов, распределенных в пролете, также зависит их натяжение. ВЛ должны работать при любых атмосферных условиях, поэтому при расчетах необходимо учитывать наиболее опасные сочетания нагрузок и климатических факторов, установленные действующими нормами и правилами. Любые отступления от правил должны быть обоснованы.

Нагрузки, действующие на провода и конструкции, подразделяют на постоянные, временные и особые. К *постоянным нагрузкам* относят вес всех элементов и усилия в устройствах, вызываемые натяжением проводов. К *временным нагрузкам* относят гололедные и снежные образования на проводах и конструкциях, давление ветра на них и нагрузки (изменение нагрузок), которые появляются при изменениях натяжений проводов, а также вес электромонтера с инструментом и нагрузки, возникающие при монтаже конструкций. Временные (добавочные) нагрузки необходимо учитывать при расчете, т.к. большинство разрушений воздушных линий происходит при гололеде и ветре. При расчетах проводов добавочные нагрузки принимают равномерно распределенными и равными среднему значению. *Особые нагрузки* на конструкции создаются при обрыве проводов.

Если принять за расчетное наиболее неблагоприятное сочетание наибольших нагрузок и экстремальных температур, то произойдет значительное удорожание проектируемого сооружения. Поэтому в расчетах учитывают только нагрузки, называемые нормативными, и те их сочетания, которые имеют определенную повторяемость не реже чем через нормируемое число лет. Считается, что устранение возможных редко встречающихся повреждений некоторых сооружений выгоднее, чем установление излишних запасов прочности этих сооружений, вызывающих большие дополнительные денежные и материальные затраты.

В зависимости от действующих нагрузок и их повторяемости выбирают также принцип построения расчета. Расчеты на прочность различных сооружений в течение длительного времени выполнялись по методу допустимых напряжений, при котором эксплуатационное напряжение в элементах не должно было превышать допустимое, определяемое как частное от деления предельного напряжения (для стали — предела текучести) на выбранный коэффициент запаса прочности (не менее 4). В качестве предельного принималось временное сопротивление разрыву по диаграмме растяжения.

Метод расчета по предельным состояниям заключается в том, что расчет ведется не по эксплуатационному, а предельному состоянию, при достижении которого уже невозможна эксплуатация сооружения. Особенностью этого метода является введение взамен одного общего коэффициента запаса нескольких, учитывающих перегрузки, неоднородности материала и условия работы сооружения. Эти коэффициенты определяются статистическими методами по данным экспериментов с натурными изделиями. Если такие коэффициенты неизвестны, то расчет ведут по допустимым напряжениям. Поэтому провода, изоляторы, а также арматуру контактных сетей и ВЛ рассчитывают по допустимым напряжениям, а опорные, поддерживающие и другие строительные конструкции — по предельным состояниям.

Наибольшие нормативные значения скорости ветра и толщины стенки гололеда в соответствии с ПУЭ определяют из их повторяемости 1 раз в 10 лет (для ВЛ 500 кВ — 1 раз в 15 лет).

Тяжения H_v , V_v , T_v , возникающие в проводах без отложений, но с изменяющейся скоростью ветра $v=0; 10; 20; 30; 40$ м/с при фиксированной температуре воздуха $t_2 = -5^\circ\text{C}$ определены по формулам:

Стрела провеса f_v , м:

$$f_v = \frac{\gamma_6 (l_{pac})^2}{8\sigma_v}, \quad (1)$$

где γ_6 – нагрузка от давления ветра и веса провода без гололёда, кг/(м·мм²); l_{pac} – расчетная длина, м; σ_v – напряжение в проводе, мм²/кг.

$$\gamma_6 = \sqrt{(\gamma_1)^2 + \left(\frac{\alpha C_x v^2 d_n}{1,6 \cdot 10^{-3} F} \right)^2}, \quad (2)$$

где γ_1 – нагрузка от собственного веса провода, кг/(м·мм²); α – коэффициент неравномерности; C_x – аэродинамический коэффициент; v – скорость ветра, м/с; d_n – диаметр провода, м; F – общее сечение провода, м.

Горизонтальные составляющие H_v , даН, полного тяжения провода определяется по формуле:

$$H_v = \frac{\sqrt{(M_0 \cdot 10^{-3})^2 + (P_v)^2} (l_{pac})^2}{8f_v}, \quad (3)$$

где M_0 – масса провода, кг; P_v – единичная нагрузка, даН/м; l_{pac} – расчетная длина, м; f_v – стрела провеса, м.

Величина единичной нагрузки определяется по формуле:

$$P_v = 6,25 \cdot 10^{-5} \alpha \cdot k_i \cdot C_x \cdot v^2 \cdot d_n, \quad (4)$$

k_i – коэффициент учитывающий изменение толщины стенки гололеда; α – коэффициент неравномерности; C_x – аэродинамический коэффициент; v – скорость ветра, м/с; d_n – диаметр провода, мм.

Вертикальные составляющие V_v даН, полного тяжения провода рассчитываются по формуле:

$$V_v = \sqrt{(M_0 10^{-3} l_{pac})^2 + (P_v l_{pac})^2}, \quad (5)$$

где M_0 – масса провода, кг; P_v – единичная нагрузка, даН/м; l_{pac} – расчетная длина, м.

Полные тяжения провода T_v , даН:

$$T_v = \sqrt{(H_v)^2 + (V_v)^2} = \frac{l_{рас}}{8f_v} \sqrt{(M_0^2 10^{-6} + P_v^2)(l_{рас}^2 + 64f_v^2)}, \quad (6)$$

где H_v – горизонтальные составляющие полного тяжения провода, даН; V_v – вертикальные составляющие полного тяжения провода, даН; $l_{рас}$ – расчетная длинна, м; P_v – единичная нагрузка, даН/м; M_0 – масса провода, кг; f_v – стрела провеса, м.

Целью данного проекта явилась разработка программного обеспечения, предназначенного для автоматизации расчета ожидаемых нагрузок ветра на провода воздушной линии электропередач, то есть расчета полного тяжения провода, а также его горизонтальных и вертикальных составляющих.

Рабочая форма программы выглядит следующим образом (рис. 1).

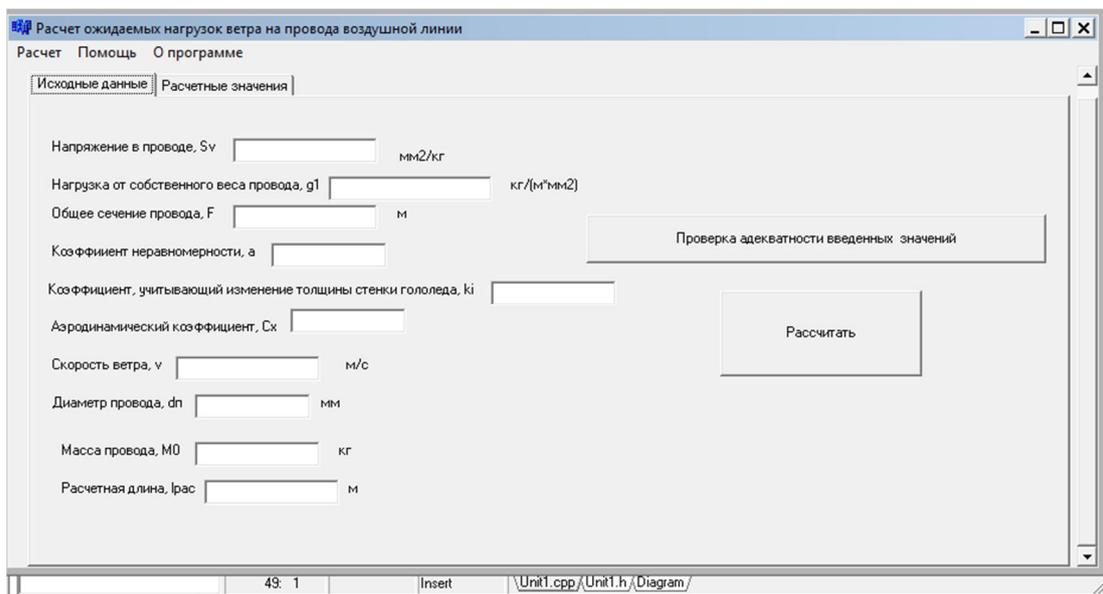


Рис. 1 – Окно программы (до ввода исходных данных)

Перед проведением расчета целесообразно проверить корректность введенных значений, нажав на кнопку Проверка адекватности введенных значений. Если хотя бы в одно из полей введены нечисловые данные (или не введены данные вовсе) программа выдает пользователю соответствующее сообщение (рис. 2).

Расчет результирующих параметров осуществляется для каждого блок отдельно при нажатии на кнопку Рассчитать (рис. 3).

Расчетные значения становятся доступны на соответствующей вкладке. Происходит округление результатов до десятых долей.

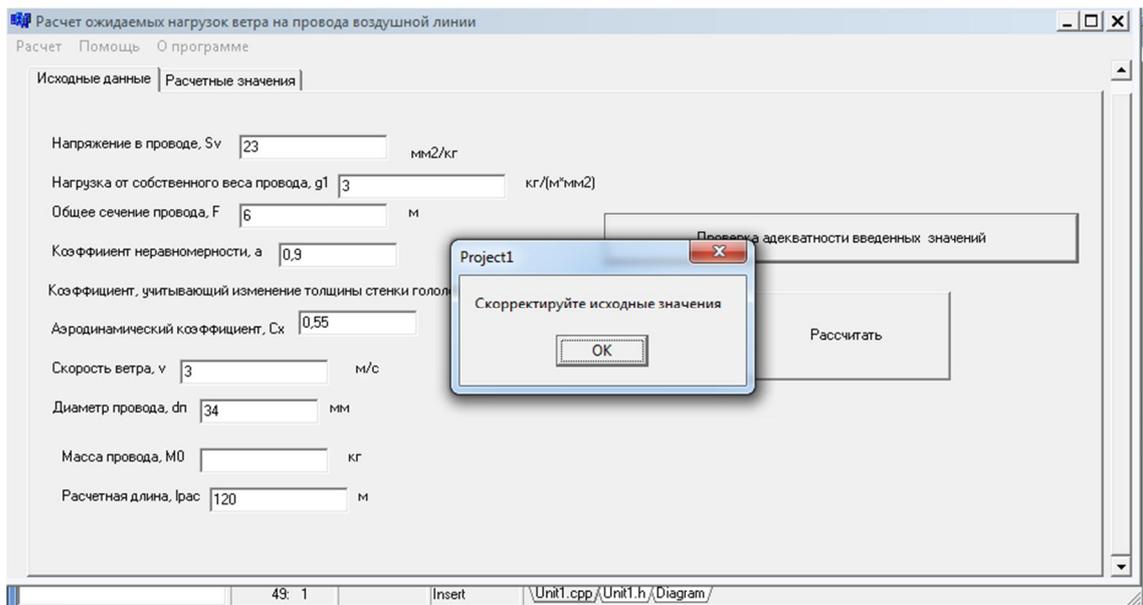


Рис. 2 – Проверка корректности введенных данных

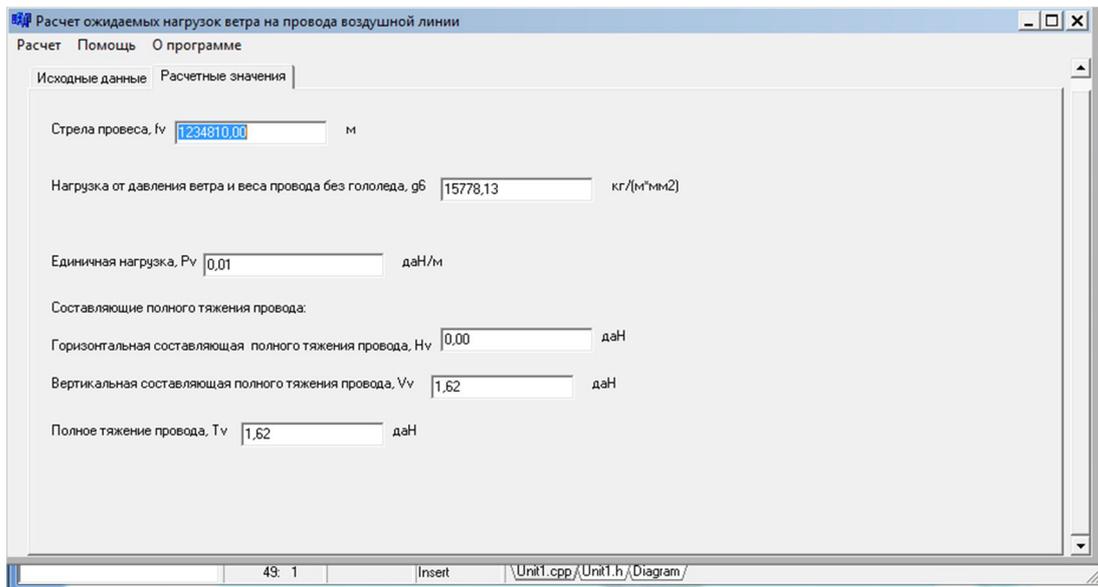


Рис. 3 – Результат работы программы

Если необходимо заново провести расчет с измененными данными, нет необходимости закрывать и заново запускать программу. Для очистки всех полей для исходных и результирующих данных с помощью подпункта главного меню программы Расчет->Новый доступна функция очистки рабочей формы (рис. 4).

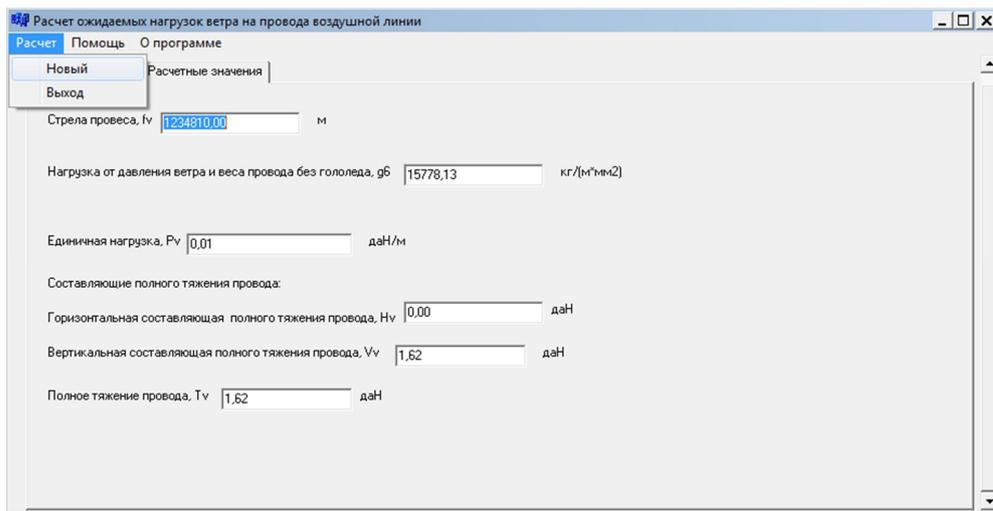


Рис. 4 – Функция очистки рабочей формы

В любой момент работы программы у пользователя существует возможность обращения к справочной информации о работе программы. Справка доступна при обращении к пункту главного меню Помощь (рис. 5).

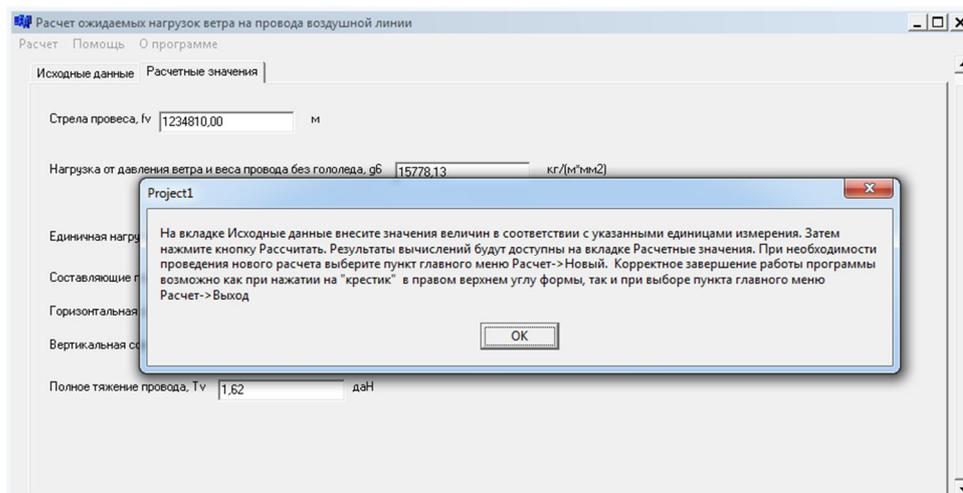


Рис. 5 – Вызов справки

Корректный выход из программы возможен как стандартным способом (при нажатии на «крестик» в правом верхнем углу рабочей формы), так и при обращении к подпункту меню Расчет->Выход (рис. 6).

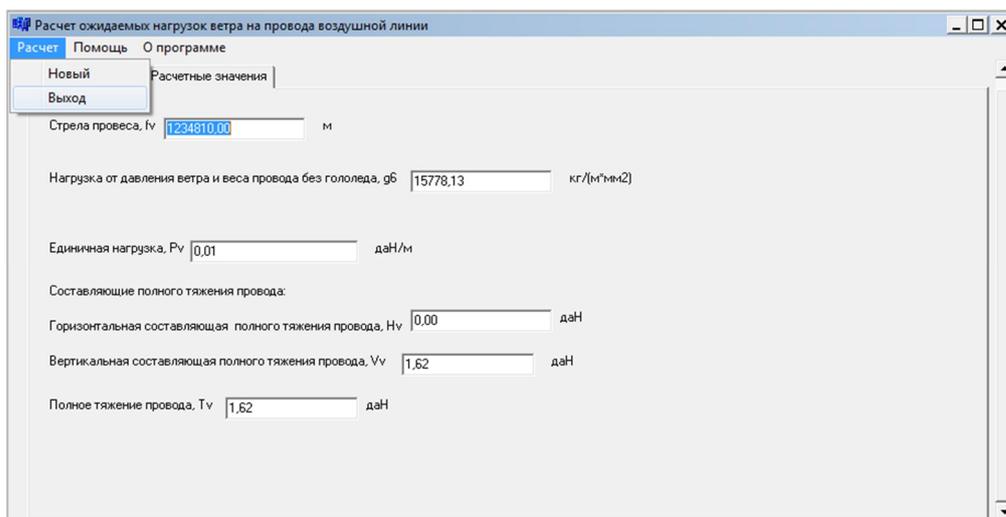


Рис. 6 – Выход из программы

Воздействия ветра и гололеда определяют расчетные горизонтальные и вертикальные нагрузки на подвешенные провода и элементы других подсистем контактных сетей и ВЛ. От нагрузок и собственного веса проводов, распределенных в пролете, также зависит их натяжение. ВЛ должны работать при любых атмосферных условиях, поэтому при расчетах необходимо учитывать наиболее опасные сочетания нагрузок и климатических факторов, установленные действующими нормами и правилами. В работе был проведен анализ климатических данных как исходных данных технических условий проектирования, расчетов, а также эксплуатации любых ЛЭП и контактных сетей. На основе приведенной методики расчета тяжений провода ЛЭП разработано программное обеспечение, предназначенное для расчета ожидаемых нагрузок ветра на провода воздушной линии электропередач в среде интегрированной разработки Borland C++ Builder 6.0. Программа обладает удобным пользовательским интерфейсом и позволяет в кратчайшие сроки проводить множественные расчеты с различным набором исходных данных.

Список литературы

1. <http://www.bestreferat.ru/referat-169674.html> - Расчет ЛЭП с учетом климатических условий
2. <http://xreferat.ru/102/1207-1-process-postroeniya-opory-dlya-linii-elektroperedachi-v-usloviyah-vetrenosti-neobhodimye-kachestva.html> - Процесс построения опоры для линии электропередачи в условиях ветренности: необходимые качества
3. <http://www.energowiki.ru/blog/38.html> - Механический расчёт проводов («вручную»)
4. Шамис В.А. C++ в среде разработки Borland C++ Builder / В.А. Шамис. – М.: Академия, 2005. – 800 с.
5. <http://wladm.narod.ru/Borland/> - Практика программирования на Borland C++ Builder