



ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ  
МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ  
METAL CONSTRUCTIONS**

2020, ТОМ 26, НОМЕР 3, 143–154  
УДК 624.014:621.315.1

(20)-0414-1

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕШЕТЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

**Е. В. Горохов<sup>1</sup>, Я. В. Назим<sup>2</sup>, А. В. Танасогло<sup>3</sup>**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup> mailbox@donnasa.ru, <sup>2</sup> ya.v.nazim@donnasa.ru, <sup>3</sup> a.v.tan@mail.ru*

*Получена 10 сентября 2020; принята 25 сентября 2020.*

**Аннотация.** В статье рассмотрено совершенствование решетчатых конструкций опор воздушных линий электропередачи (ВЛ) путем их оптимизации и автоматизации проектирования, включая создание расчетной модели ВЛ как единой системы и алгоритма ее решения. Выполнен анализ напряженно-деформированного состояния и оптимизация конструктивных форм ствола опор с учетом требований экономичности и технологичности. Создана система автоматизированного одностадийного проектирования опор ВЛ. Приведены конструктивные формы новых унифицированных опор повышенной надежности, разработанные с учетом поддерживающего влияния токоведущих проводов и грозозащитных тросов, а также требований международных нормативов, экономичности и технологичности. При исследовании анкерно-угловых опор по массе учитывались возможные режимы работы: нормальные, аварийные и монтажные для различных углов поворота трассы. По результатам выполненных исследований определены рациональные области применения узкобазных опор башенного типа.

**Ключевые слова:** воздушная линия электропередачи, оптимальное проектирование, решетчатая опора, расчетная модель, автоматизированный расчет.

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ГРАТЧАСТИХ КОНСТРУКЦІЙ ОПОР ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ**

**Є. В. Горохов<sup>1</sup>, Я. В. Назім<sup>2</sup>, А. В. Танасогло<sup>3</sup>**

*ДОН ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup> mailbox@donnasa.ru, <sup>2</sup> ya.v.nazim@donnasa.ru, <sup>3</sup> a.v.tan@mail.ru*

*Отримана 10 вересня 2020; прийнята 25 вересня 2020.*

**Анотація.** У статті розглянуто вдосконалення гратчастих конструкцій опор повітряних ліній електропередавання (ПЛ) шляхом їх оптимізації та автоматизації проектування, включаючи створення розрахункової моделі ПЛ як єдиної системи та алгоритму її рішення. Виконано аналіз напружено-деформованого стану та оптимізацію конструктивних форм стовбура опор з урахуванням вимог економічності і технологічності. Створена система автоматизованого одностадійного проектування опор ПЛ. Наведено конструктивні форми нових уніфікованих опор підвищеної надійності, розроблені з урахуванням впливу струмопровідних проводів і грозозахисних тросів, що підтримуть, а також вимог міжнародних нормативів, економічності і технологічності. При дослідженні анкерно-кутових опор за масою враховувалися можливі режими роботи: нормальні, аварійні і монтажні для різних кутів повороту траси. За результатами виконаних досліджень визначені раціональні області застосування вузькобазних опор баштового типу.

**Ключові слова:** повітряна лінія електропередавання, оптимальне проектування, решітчаста опора, розрахункова модель, автоматизований розрахунок.

## LATTICE STRUCTURES IMPROVEMENT OF OVERHEAD TRANSMISSION LINE SUPPORTS

Evgeniy Gorokhov<sup>1</sup>, Yaroslav Nazim<sup>2</sup>, Anton Tanasoglo<sup>3</sup>

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup> mailbox@donnasa.ru, <sup>2</sup> ya.v.nazim@donnasa.ru, <sup>3</sup> a.v.tan@mail.ru*

*Received 10 September 2020; accepted 25 September 2020.*

**Abstract.** The article discusses the improvement of lattice structures of overhead transmission lines (overhead lines) by optimizing them and automating the design, including the creation of a computational model of overhead lines as a single system and an algorithm for its solution. It has been carried out the analysis of the stress-strain state and optimization of the structural forms of the trunk of the supports, taking into account the requirements of efficiency and manufacturability. A system of automated one-stage design of overhead line supports has been created. The article presents the design forms of new unified supports of increased reliability, developed taking into account the supporting influence of current-carrying wires and lightning protection cables, as well as the requirements of international standards, efficiency and manufacturability. In the study of anchor and corner supports by weight, possible operating modes were taken into account: normal, emergency and installation for different angles of rotation of the route. Based on the results of the research, rational applications of narrow-base tower-type supports were determined.

**Keywords:** overhead power line, optimal design, grid support, design model, automated calculation.

### Актуальность темы

Быстрое и эффективное совершенствование опор ВЛ возможно путем их оптимизации и автоматизации проектирования, включая: создание расчетной модели ВЛ как единой сети и алгоритм ее решения; исследование нагрузок от проводов и тросов при их совместной работе с конструкциями опор в зависимости от рельефа местности и атмосферно-климатических условий; анализ напряженно-деформированного состояния токоведущих проводов, грозозащитных тросов, оттяжек, ствола опоры и фундаментов при их совместной работе; оптимизацию их конструктивных форм с учетом требований экономичности и технологичности; создание системы автоматизированного одностадийного проектирования [1–3].

### Расчетная модель воздушной линии электропередачи как единой системы

В результате исследований предложена расчетная модель высоковольтной линии электропередачи как единой системы с учетом совместной

работы конструктивных элементов и предложен алгоритм ее решения. На этой основе разработана методика оптимизации опор ВЛ, а также исследованы нагрузки от токоведущих проводов и грозозащитных тросов, которые являются решающими.

Использование новой расчетной модели производим поэтапно: первый этап – расчет проводов и тросов с целью уточнения нагрузок на опоры, второй этап – расчет конструкций опор с учетом пространственной модели и уточненных нагрузок от проводов и тросов.

За модель принимается часть линии электропередачи: анкерванный участок – расстояние между смежными анкерными опорами. Для примера рассмотрим одноцепную высоковольтную линию, состоящую из двух анкерных опор и расположенного между ними  $n$ -го количества промежуточных опор, к которым подвешены три токоведущих провода и один грозозащитный трос (рис. 1). Провода и тросы жестко закреплены к анкерным опорам и подвержены тяжению, а к промежуточным опорам они подвешены свободно через промежуточный элемент – гирлянду

изоляторов. В аварийном режиме на опоры действует сосредоточенная сила, образовавшаяся при обрыве провода, и равномерно распределенная нагрузка от проводов и тросов. Равновесие системы в деформированном состоянии наступит, когда деформации проводов и тросов будут равны деформациям конструкций опор.

Рассмотренная модель показала, что редуцированное уменьшенное тяжение в пролете, смежном с аварийным, будет тем больше, чем дальше от анкерной опоры произошел обрыв провода. Увеличение редуцированного тяжения не происходит пропорционально количеству пролетов, в которых сохранился провод, т. к. уменьшается отклонение гирлянд на каждой последующей опоре и процесс начинает затухать. Когда число уцелевших пролетов составляет четыре и более, то можно не учитывать гибкость опор, считая их абсолютно жесткими.

Исследования позволили установить, что при расчетах напряжений в проводах ВЛ на ровной местности погрешность не превышает 3 %, и можно пользоваться приближенной методикой. Однако в условиях пересечений, в частности для условий больших переходов ВЛ через водные

преграды, при определении стрел провеса и габаритов приближения провода к рангоутам судов или зеркалу воды используют точные более трудоемкие методы.

### Оптимальное проектирование решетчатых конструкций

На втором этапе рассмотрения расчетной модели исследуется напряженно-деформированное состояние металлоконструкций опор ВЛ с целью их дальнейшей оптимизации. Задача оптимального проектирования ВЛ формулируется следующим образом: необходимо отыскать геометрические параметры сети с варьированием координат системы и топологии при заданных сечениях с минимизацией массы или стоимости при выполнении нормативных требований и конструктивных ограничений [4, 5].

Проведенные исследования позволили предложить следующую методику применения различных математических методов и их последовательности: вначале определялся оптимальный тип решетки, затем осуществлялась оптимизация геометрических параметров нижеизложенными

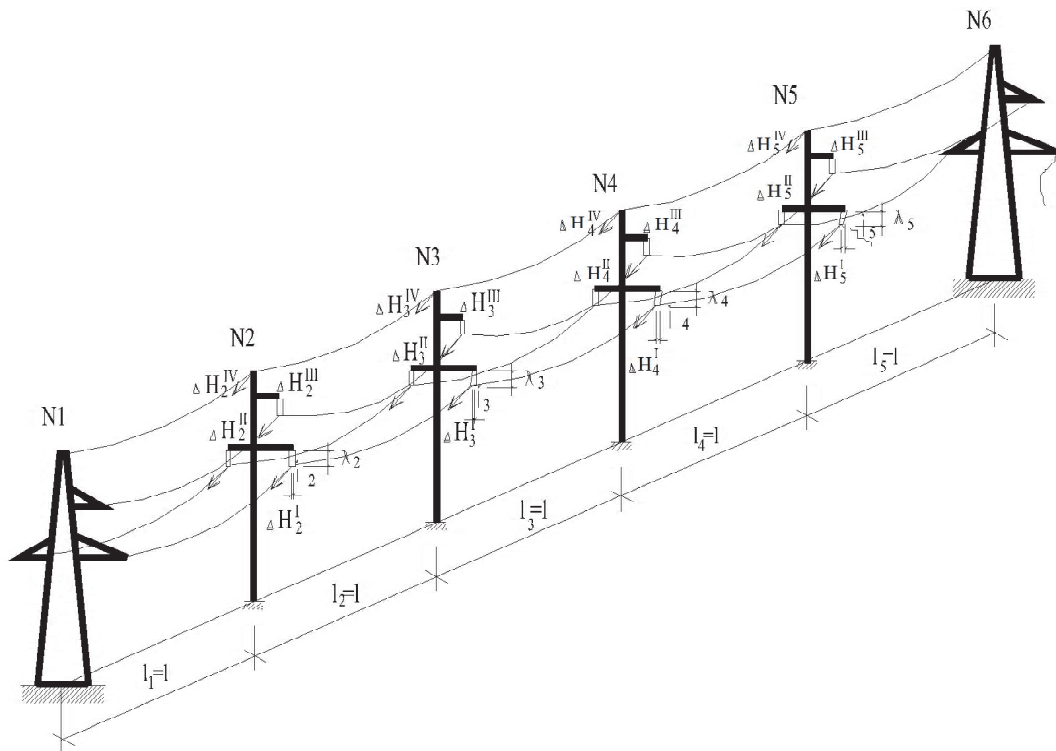


Рисунок 1. Расчетная модель воздушной линии.

методами с корректировкой типа решетки комбинаторным алгоритмом.

Авторами предложен алгоритм поиска направления спуска при определении оптимальных геометрических параметров. Задается начальный многогранник, имеющий форму регулярного симплекса в  $n$ -мерном пространстве. Суть алгоритма в том, что вершина, в которой целевая функция максимальна, переносится определенным образом через вершину, в которой целевая функция минимальна. Направление поиска считалось удачным, если новое значение целевой функции оказывалось меньше максимального в исходном многограннике. В этом случае максимальная вершина заменяется на улучшенную вершину, направляющий вектор при этом сжимается в соответствии с заданным коэффициентом. При выходе за границу области допустимых значений переменных за улучшенную точку принимается точка на границе ограничений, лежащая на векторе направления переноса «улучшаемой» вершины. Если же полученное значение целевой функции превышало максимальное либо равнялось ему, то направление поиска считалось неудачным, и поиск продолжался до вершины, в которой целевая функция была максимальной без учета максимальной вершины. Если и в этом случае не достигается улучшение, то вектор переноса направляется последовательно из вершин в порядке убывания в них целевой функции. Оптимальное значение целевой функции являлось исходным значением при переходе к следующему методу оптимизации [6].

Результаты оптимизации из разных стартовых точек для нижней секции опоры У220-2+5 представлены на рисунке 2. Локальность экстремума подтверждала то, что полученные значения целевой функции мало отличались друг от друга (до 1,8 % при сокращенном сортаменте), а варьируемые параметры – в гораздо большей степени, причем величина целевой функции в точке оптимума меньше, чем в любой соседней. Исследуемая функция является многовариантной в области экстремума [7].

### **Программный комплекс по расчету и конструированию конструкций линий электропередачи**

На основе изложенных методик в Донбасской национальной академии строительства и архи-

тектуры разработан программный комплекс по расчёту и конструированию конструкций линий электропередачи [8–11]. Он представляет собой систему средств автоматизированного проектирования, предназначенную для проектирования оптимальных опор, повышения производительности труда проектировщиков, снижения сроков проектирования, экономичности и надёжности проектных решений.

В состав комплекса входят: подсистема расчёта проводов, тросов и сбора нагрузок на опоры; подсистема расчёта и оптимизации несущих металлоконструкций опор в составе единой сети; подсистема технико-экономического анализа конструкций ВЛ; диалоговая подсистема автоматизированного конструирования металлоконструкций опор ВЛ. Он состоит из отдельных объектно-ориентированных программных блоков и универсального комплекса, работающего в диалоговом режиме. Большинство из разработанных программ применяется при механическом расчете проводов и тросов, а также при расчёте конструкций. Остальные программы служат для проектирования или конструирования опор. Комплекс осуществляет следующие расчёты:

- расчёт на статические силовые, температурные и деформационные воздействия токоведущих проводов, грозозащитных тросов воздушных линий с учётом многих загружений, конструктивных ограничений и требований Правил устройства электроустановок (ПУЭ);
- сбор нагрузок на опоры от проводов и тросов, нагрузок от действия ветра на опоры и собственного веса металлоконструкций в составе единой сети ВЛ;
- статический расчёт пространственных ферм на многие загрузки с использованием линейно-упругих конечноэлементных моделей;
- статический расчёт вантово-стержневых систем по деформированной схеме на многие загрузки с гибкими оттяжками;
- построение огибающей эпюр моментов и поперечных сил для ствола и траверс опор с оттяжками;
- вычисление расчётных усилий в элементах вантово-стержневых конструкций;
- определение напряжений и несущей способности элементов;
- расчёт узлов, элементов и вспомогательных металлоконструкций;

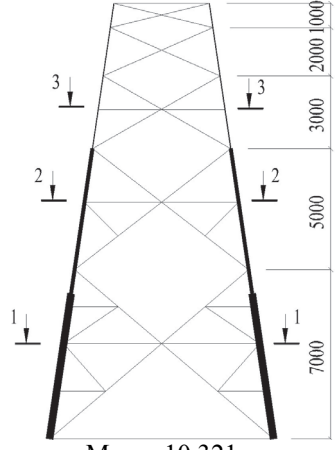
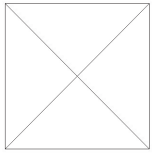
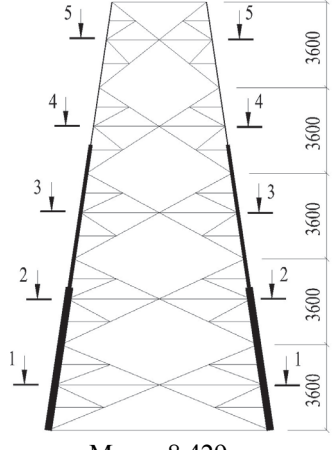
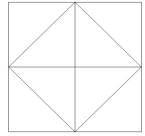
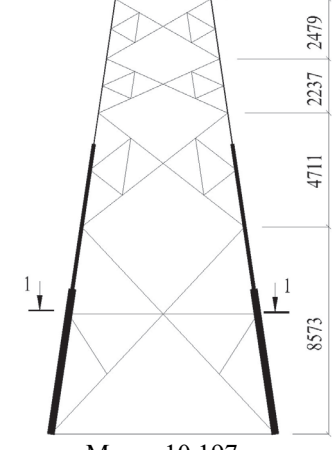
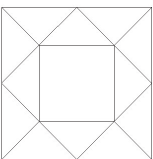
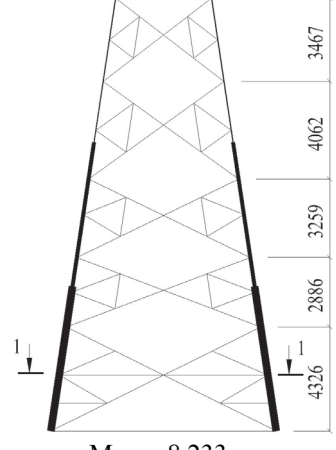
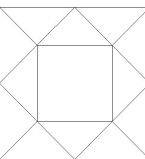
Исходная опора		Оптимальная опора	
Геометрическая схема	Тип диафрагмы	Геометрическая схема	Тип диафрагмы
 <p>Масса 10 321 кг</p>	<p>1-1, 2-2, 3-3</p> 	 <p>Масса 8 429 кг</p>	<p>1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5</p> 
 <p>Масса 10 197 кг</p>	<p>1-1</p> 	 <p>Масса 8 233 кг</p>	<p>1-1</p> 

Рисунок 2. Результаты оптимизации опоры У220-2+5 из разных стартовых точек.

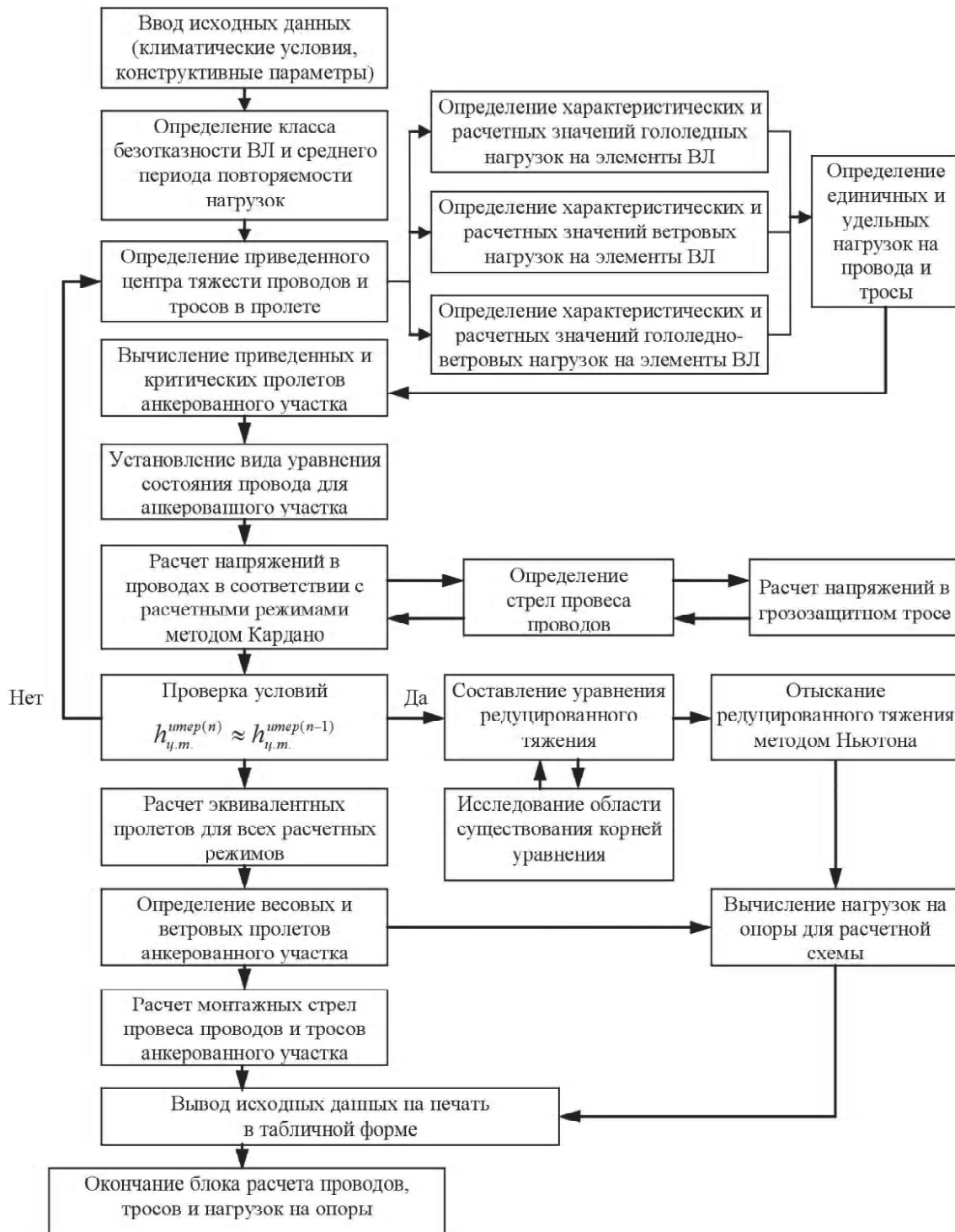
- расчёт технико-экономических показателей металлоконструкций опор ВЛ;
- оптимизация параметров геометрической схемы, типа решётки и предварительного напряжения опор линий электропередачи;
- разработка рабочих чертежей на стадии КМД с учётом конструктивных ограничений и требований технологии заводского изготовления.

Нагрузки от токоведущих проводов и грозозащитных тросов воздушных линий электропередачи являются решающими при расчёте опор ВЛ [12–14]. Подсистема расчёта проводов и тросов реализует алгоритм расчёта проводов и тросов и определение нагрузок на опоры ВЛ с учётом

атмосферных условий и профиля трассы, а также сбор нагрузок от ветра на конструкцию опоры и от собственного веса металлоконструкций.

Алгоритм расчёта напряженно-деформированного состояния проводов, тросов и нагрузок на опоры приведен на рисунке 3. В результате реализации алгоритма расчёта проводов, тросов и нагрузок на опоры получаем заполненный файл исходных данных для расчёта опоры принятой расчетной схемы.

Файл включает в себя следующие данные: единичная нагрузка от собственного веса, удельный вес гололёдных отложений, физико-механические характеристики проводов и тросов, допускаемые напряжения при среднеэксплуатационной



**Рисунок 3.** Принципиальная блок-схема (алгоритм) вычисления напряженно-деформированного состояния проводов, тросов и нагрузок на опоры.

и минимальной температурах, допускаемые напряжения при наибольшей нагрузке, коэффициенты тяжения и расщепления провода и троса в соответствии с ПУЭ.

В табличной форме вводятся следующие данные: номер анкерного участка, номера пролётов и опор. Для каждой опоры и пролётов указываются: длина пролёта, высота фундамента,

высота от верха фундамента до нижней траверсы, высота между нижней и средней траверсами, между средней и верхней траверсами, габарит от земли до провода, разность отметок тросостойки и траверсы, длина и нормативный вес гирлянды изоляторов провода, длина и нормативный вес гирлянды изоляторов троса, абсолютная отметка земли, коэффициенты гибкости опоры и распределения усилий, угол поворота трассы.

Программный комплекс позволяет выполнять также расчёты типовых опор для усреднённых условий, с вычислением стандартных ветровых нагрузок. Подсистема удобна при индивидуальном проектировании новых линий электропередачи для конкретных атмосферно-климатических условий и известного профиля трассы, эффективна при реконструкции действующих линий электропередачи [15–17].

Также разработана диалоговая одностадийная подсистема автоматизированного проектирования опор ВЛ методом трехмерного моделирования в персональном компьютере. Система включает в себя твердотельное моделирование, разработку детализированных чертежей, монтажных схем и компьютерную контрольную сборку. Разработан пакет программ для создания модели опоры и формирования из нее чертежей деталей и монтажных схем [18, 19].

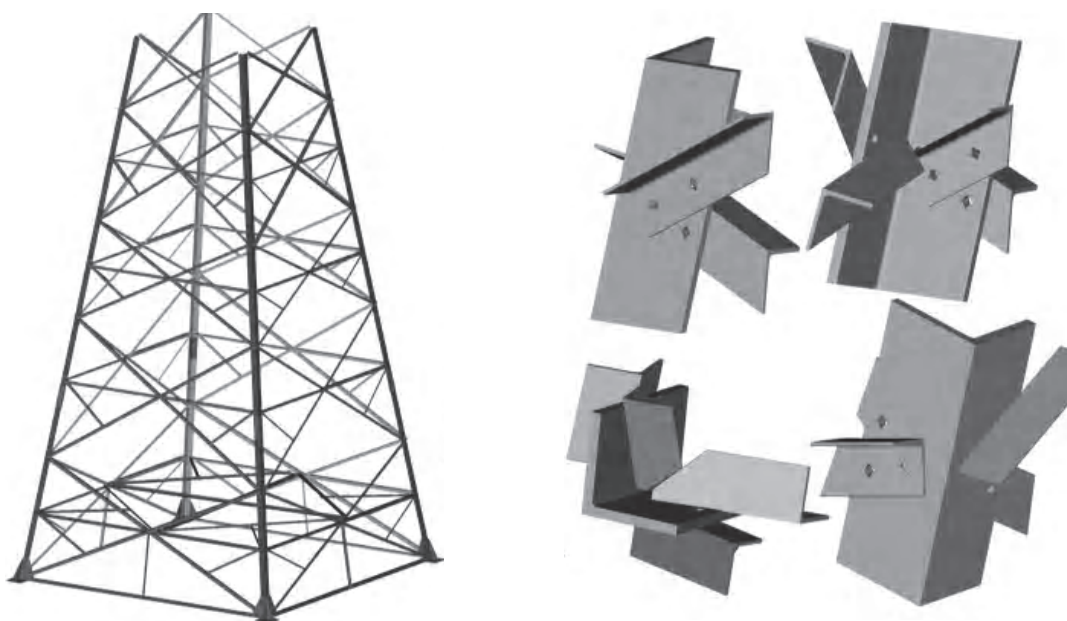
Контрольная сборка секции опоры в виде твердотельной модели представлена на рисунке 4.

Достоверность работы пакета прикладных программ подтверждена: при перерасчете типовых опор ВЛ; при оптимизации из разных стартовых точек и достижении одного и того же оптимального проекта; при автоматизированном конструировании и изготовлении.

#### **Новые конструкции опор ВЛ повышенной надежности**

В результате оптимального проектирования с использованием программного комплекса по расчёту и конструированию конструкций линий электропередачи получены новые типы одноцепных и двухцепных опор ВЛ напряжением 35 кВ и 110 кВ, а именно шесть одностоечных опор башенного типа: П-35-1, АУ-35-1, П-35-2, АУ-35-2, П-110-1, АУ-110-1 (рис. 5). Опоры одностовольные башенные решетчатые постоянного поперечного сечения, квадратного в плане.

Основным условием при разработке новых опор являлось выполнение основных технологических требований к надежной эксплуатации. В связи с этим для всех рассматриваемых опор приняты следующие условия: а) учтен вес гололеда на гирляндах изоляторов; б) нормативные нагрузки от собственного веса монтируемых



**Рисунок 4.** Твердотельная модель оптимальной нижней секции опоры ВЛ.

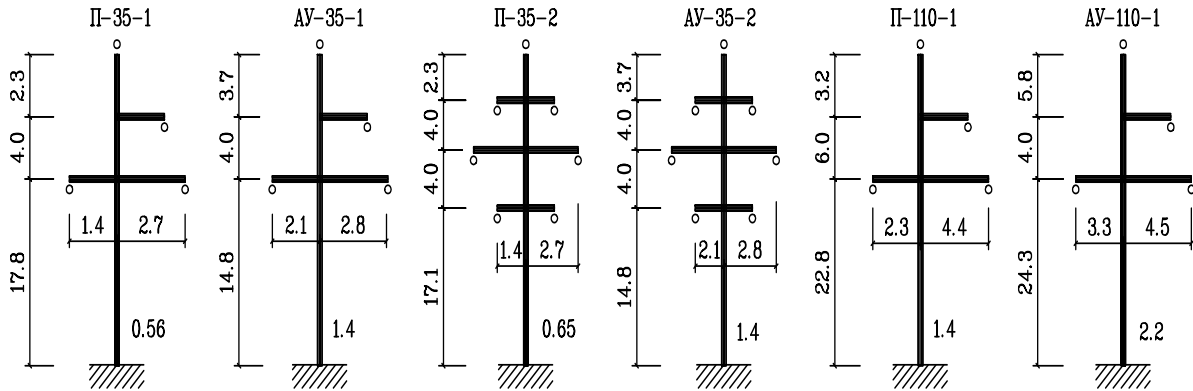


Рисунок 5. Схемы унифицированных узкобазых опор башенного типа.

проводов, тросов и гирлянд приняты с учетом удвоенной массы ветровых пролетов; в) опоры рассчитаны на повышенные нагрузки от гололеда и ветра с повторяемостью не реже 1 раза в 50 лет [3].

Анкерно-угловые опоры рассчитывались на восемнадцать режимов загрузки: четыре нормальных гололедных режима, восемь аварийных и шесть монтажных режимов. При этом учитывались углы поворота трассы до  $60^\circ$  и разность тяжений проводов в смежных пролетах. Промежуточные опоры рассчитывались на шесть режимов загрузки: три нормальных (ветер поперек ВЛ, ветер под углом  $45^\circ$  к оси ВЛ и гололед-

ный режим), два аварийных (обрыв провода и обрыв троса) и один монтажный режим.

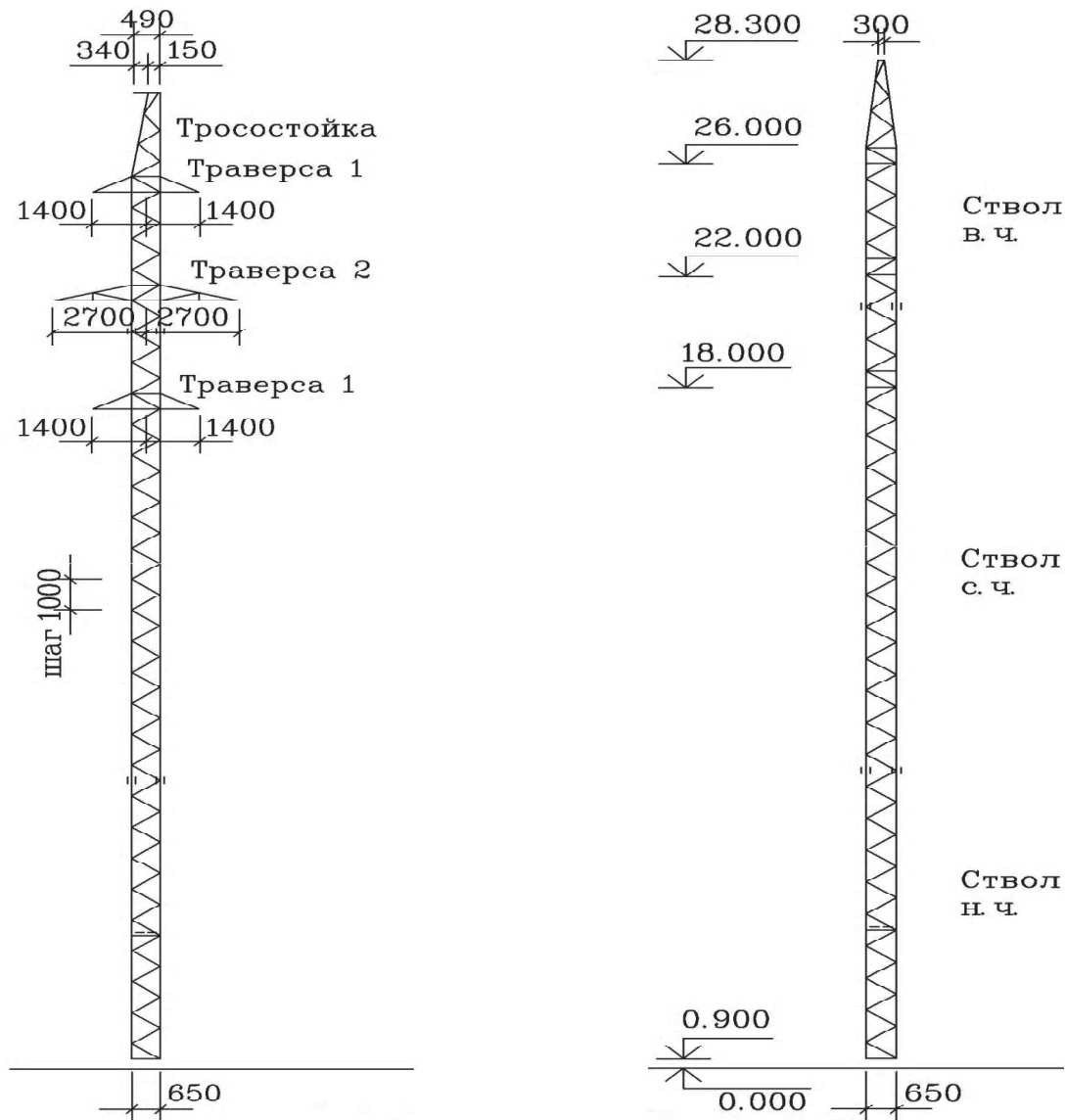
Геометрическая схема разработанной узкобазой опоры повышенной надежности ВЛ 35 кВ приведена на рисунке 6. Массы башенных взаимозаменяемых опор приведены в таблице 1. Массы опор определялись с учетом вспомогательных деталей и метизов.

Автоматизированный расчет узкобазых опор ВЛ с определением расчетных усилий в элементах и подбором сечений с учетом конструктивных требований выполнялся по программам, разработанным на кафедре металлических конструкций ДонНАСА [5, 6].

Таблица 1. Параметры взаимозаменяемых опор ВЛ 35 кВ и ВЛ 110 кВ

Тип опоры	Высота, м	Масса, кг
Промежуточная одноцепная опора ВЛ 35 кВ	24,1	1 719
	20,1	1 352
Анкерно-угловая одноцепная опора ВЛ 35 кВ	22,5	3 421
	17,5	2 645
Промежуточная двухцепная опора ВЛ 35 кВ	27,4	3 755
	23,4	3 042
Анкерно-угловая двухцепная опора ВЛ 35 кВ	26,7	6 193
	21,7	5 230
Промежуточная одноцепная опора ВЛ 110 кВ	32,0	3 879
	28,0	3 088
Промежуточная двухцепная опора ВЛ 110 кВ	38,0	6 206
	34,0	5 401
Анкерно-угловая одноцепная опора ВЛ 110 кВ	34,1	8 430
	29,1	6 831





**Рисунок 6.** Узкобазая промежуточная двухцепная опора ВЛ 35 кВ.

Расчеты показали, что введение большего количества диагоналей и распорок оправдано, т. к. значительно снижаются усилия от изгиба в поясах ствола узкобазых опор.

По результатам выполненных исследований определены рациональные области применения узкобазых решетчатых опор башенного типа. Рассмотренные опоры рациональны в промежуточных одноцепных опорах ВЛ 35-110 кВ, особенно при больших высотах и незначительных нагрузках, а также в анкерно-угловых опорах напряжением 110 кВ при высоте опор до 27 м. В анкерно-угловых опорах ВЛ 35 кВ применение

узкобазых опор дает положительный эффект для опор небольшой высоты (до 22 м).

#### Выводы

1. Разработана методика оптимального проектирования решетчатых конструкций применительно для оптимизации параметров геометрической схемы и типа решетки конструкций опор ВЛ, включая создание расчетной модели ВЛ и алгоритм ее решения. Методика удовлетворяет требованиям технических регламентов в строительстве, рассматривает

ВЛ как единую систему, позволяет определять напряженно-деформированное состояние всех конструктивных элементов ВЛ с учетом их совместной работы, в координации прочности и ранжирования уровней надежности элементов, а также с учетом новых отечественных и зарубежных методических разработок по климатическому обеспечению электросетевого строительства.

2. Созданная подсистема одностадийного автоматизированного проектирования электросетевых конструкций включает программный комплекс оптимизационных рас-

четов проводов, тросов, конструкций опор и фундаментов.

3. Выполненные исследования показали, что применение для ВЛ 35–110 кВ узкобазых опор позволяет получить экономию стали до 15 %, уменьшить расход железобетона на фундаменты до 35 % и в четыре раза сократить объем земляных работ при устройстве котлованов.
4. Разработанный метод оптимального проектирования опор ВЛ является универсальным и может быть применен к другим конструкциям – опорам ветрогенераторов и антенным опорам радиорелейной связи.

## Литература

1. Крюков, К. П. Конструкции и механический расчёт линий электропередачи [Текст] / К. П. Крюков, Б. П. Новгородцев. – 2 е изд., перераб. и доп. – Л. : Энергия, 1979. – 312 с.
2. Design of Latticed Steel Transmission Structures [Текст] / American Society of Civil Engineers. ANSI/ASCE 1090, A.N.S.I. – New York : A.S.C.E., 1991. – 64 p.
3. Wadell, Brian C. Transmission Line Design [Текст] : handbook / Brian C. Wadell. – Norwood : Artech house, 2005. – 266 p.
4. Шевченко, Е. В. Совершенствование металлических конструкций опор воздушных линий электропередачи [Текст] / Е. В. Шевченко. – 2 е изд. – Макеевка : ДонГАСА, 1999. – 169 с.
5. Orawski, G. Overhead distribution lines – some reflections on design [Текст] / G. Orawski, J. Bradbury, M. J. Vanner // *Generation, Transmission and Distribution*. IEE Proc. C. 1986. Vol. 133, issue 7. P. 409–424.
6. Шевченко, Е. В. Исследование напряженно-деформированного состояния двухцепной анкерно-угловой опоры ВЛ 330 кВ с использованием различных программных комплексов [Текст] / Е. В. Шевченко, В. А. Глухов, А. В. Танасогло // *Металеві конструкції*. 2010. Т. 16, № 1. С. 31–39.
7. Танасогло, А. В. Исследование устойчивости решетчатых стальных опор линий электропередачи [Текст] / А. В. Танасогло // *Современные строительные конструкции из металла и древесины* : Сб. науч. тр. Одесса : ОГАСА, 2011. № 15, Часть 3. С. 233–238.
8. Шевченко, Е. В. Оптимальное проектирование конструкций башенных анкерно-угловых опор ВЛ 110 кВ [Текст] / Е. В. Шевченко, А. В. Танасогло // *Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури*. 2013. Вип. 2013-3(101)

## References

1. Kryukov, K. P.; Novgorodtsev, B. P. Design and mechanical calculation of power transmission lines [Text]. 2nd ed., revised and supplemented. Leningrad : Energy, 1979. 312 p. (in Russian)
2. American Society of Civil Engineers. Design of Latticed Steel Transmission Structures [Text]. New York : A.S.C.E., 1991. 64 p. (in English)
3. Wadell, Brian C. Transmission Line Design [Text]: handbook. Norwood: Artech house, 2005. 266 p. (in English)
4. Shevchenko, Ye. V. Improvement of metal structures of overhead power transmission line supports [Text]. 2nd ed. Makeevka : DSACEA, 1999. 169 p. (in Russian)
5. Orawski, G.; Bradbury, J.; Vanner, M. J. Overhead distribution lines – some reflections on design [Text]. In: *Generation, Transmission and Distribution*. IEE Proc. C. 1986. Vol. 133, issue 7. P. 409–424. (in English)
6. Shevchenko, Ye. V.; Glukhov, V. A. Tanasoglo, A. V. Study of the stress-strain state of a double-circuit anchor-angular support of 330 kV overhead lines using various software systems [Text]. In: *Metal constructions*. 2010. Vol. 16, № 1. P. 31–39. (in Russian)
7. Tanasoglo, A. V. Investigation of the stability of lattice steel supports of power lines [Text]. In: *Modern building structures made of metal and wood: proceedings*. Odessa: OSACEA, 2011. № 15, Part 3. P. 233–238. (in Russian)
8. Shevchenko, Ye. V.; Tanasoglo, A. V. Optimal design of structures of tower anchor-angle poles of 110 kV overhead lines [Text]. In: *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2013. Issue 2013-3(101) Buildings and structures using new materials and technologies. P. 114–116. (in Russian)

- Будівлі та конструкції із застосуванням нових матеріалів та технологій. С. 114–116.
9. Назим, Я. В. Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций опор большого перехода межсистемной воздушной линии электропередачи в условиях реконструкции с заменой проводов [Текст] / Я. В. Назим, А. В. Танасогло // Металлические конструкции. 2015. Т. 21, № 2. С. 49–61.
  10. Танасогло, А. В. Уточнение коэффициента динамичности анкерно-угловой опоры ВЛ 110 кВ при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки [Текст] / А. В. Танасогло // Металеві конструкції. 2012. Т. 18, № 2. С. 135–145.
  11. Назим, Я. В. Методика механического расчета воздушных линий электропередачи высокого класса безотказности в составе единой системы [Текст] / Я. В. Назим // Металлические конструкции. 2014. Т. 20, № 2. С. 119–137.
  12. Повышение надежности и долговечности электросетевых конструкций [Текст] : монография / Е. В. Горохов, С. Н. Шаповалов, Е. И. Удод [и др.] ; под ред. Е. В. Горохова. – К. : Техніка, 1997. – 284 с.
  13. Аэродинамика электросетевых конструкций [Текст] : монография / Е. В. Горохов, М. И. Казакевич, С. Н. Шаповалов, Я. В. Назим ; под ред. Е. В. Горохова, М. И. Казакевича. – Донецк : [б. и.], 2000. – 336 с.
  14. Ветровые и гололедные воздействия на воздушные линии электропередачи [Текст] : монография / Е. В. Горохов, М. И. Казакевич, С. В. Турбин, Я. В. Назим ; под ред. Е. В. Горохова. – Донецк : [б. и.], 2005. – 345 с.
  15. Назим, Я. В. Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций опор большого перехода межсистемной воздушной линии электропередачи в условиях реконструкции с заменой проводов [Текст] / Я. В. Назим, А. В. Танасогло // Металлические конструкции. 2015. Т. 21, № 2. С. 49–61.
  16. Refinement of wind loads on lattice support structures of the intersystem overhead power transmission lines 750 kV [Текст] / Ye. Shevchenko; Ya. Nazim; A. Tanasoglo [et. al.] // *Procedia Engineering*. 2015. 117. P. 1033–1040.
  17. Оптимальное проектирование решетчатых металлических конструкций воздушных линий электропередачи [Текст] / А. П. Пустогвар, А. В. Танасогло, И. М. Гаранжа [и др.] // *MATEC Web of Conferences*. 2016. № 86, 04003 (2016). P. 19–28
  18. Танасогло, А. В. Оптимальные конструктивные решения двухцепных анкерно-угловых опор линий электропередачи 110 кВ [Текст] / А. В. Танасогло // Современное промышленное и гражданское строительство. 2015. Т. 11, № 1. С. 5–14.
  19. Танасогло А. В. Численно-аналитическая методика решения задачи устойчивости пространственных решетчатых конструкций [Текст] / А. В. Танасогло // Металлические конструкции. 2015. Т. 21, № 3. С. 107–117.
  9. Nazim, Ya. V.; Tanasoglo, A. V. Investigation of the stress-strain state of the structures of the supports of the large transition of the intersystem overhead power transmission line in conditions of reconstruction with the replacement of wires [Text]. In: *Metal constructions*. 2015. Vol. 21, № 2. P. 49–61. (in Russian)
  10. Tanasoglo, A. V. Refinement of the dynamic factor of the anchor-angular support of 110 kV overhead lines under the action of the pulsating component of the wind load [Text]. In: *Metal constructions*. 2012. Vol. 18, № 2. P. 135–145. (in Russian)
  11. Nazim, Ya. V. Methodology for mechanical calculation of high-class reliability overhead power transmission lines as part of a single system [Text]. In: *Metal constructions*. 2014. Vol. 20, № 2. P. 119–137. (in Russian)
  12. Gorokhov, Ye. V.; Shapovalov, S. N.; Udod, Ye. I. [et. al.]. Improving the reliability and durability of power grid structures [Text] : monograph. Edited by Ye. V. Gorokhov. K. : Equipment, 1997. 284 p. (in Russian)
  13. Gorokhov, Ye. V.; Kazakevich, M. I.; Shapovalov, S. N.; Nazim, Ya. V. Aerodynamics of power grid structures [Text] : monograph. Edited by Ye. V. Gorokhov; M. I. Kazakevich. Donetsk : [s. n.], 2000. 336 p. (in Russian)
  14. Gorokhov, Ye. V.; Kazakevich, M. I.; Turbin, S. V.; Nazim, Ya. V. Wind and ice impacts on overhead transmission lines [Text] : monograph. Edited by Ye. V. Gorokhov. Donetsk : [s. n.], 2005. 345 p. (in Russian)
  15. Nazim, Ya. V.; Tanasoglo, A. V. Investigation of the stress-strain state of the structures of the supports of the large transition of the intersystem overhead power transmission line in conditions of reconstruction with the replacement of wires [Text]. In: *Metal constructions*. 2015. Vol. 21, № 2. P. 49–61. (in Russian)
  16. Shevchenko, Ye.; Nazim, Ya.; Tanasoglo, A. [et. al.]. Refinement of wind loads on lattice support structures of the intersystem overhead power transmission lines 750 kV [Text]. In: *Procedia Engineering*. 2015. 117. P. 1033–1040. (in English)
  17. Pustogvar, A. P.; Tanasoglo, A. V.; Garanzha, I. M. [et. al.]. Optimal design of lattice metal structures of overhead power lines [Text]. In: *MATEC Web of Conferences*. 2016. № 86, 04003 (2016). P. 19–28 (in Russian)
  18. Tanasoglo, A. V. Optimal design solutions for double-circuit anchor-angle supports for 110 kV power lines [Text]. In: *Modern industrial and civil construction*. 2015. Vol. 11, № 1. P. 5–14. (in Russian)
  19. Tanasoglo, A. V. Numerical-analytical method for solving the problem of stability of spatial lattice structures [Text]. In: *Metal constructions*. 2015. Vol. 21, № 3. P. 107–117. (in Russian)

**Горохов Евгений Васильевич** – доктор технических наук, профессор, президент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», заведующий кафедрой металлических конструкций и сооружений. Иностраный член Российской Академии архитектуры и строительных наук, академик Академии Высшей школы и Академии строительства Украины, Член Международного комитета по изучению воздействия ветра на здания и сооружения. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, климатические нагрузки на строительные конструкции.

**Назим Ярослав Викторович** – кандидат технических наук, доцент, проректор по международным связям и научно-педагогической работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», заведующий кафедрой специализированных информационных технологий и систем. Член Международной ассоциации по большим системам энергетики (CIGRE). Научные интересы: эксплуатационная надежность и долговечность электросетевых конструкций, усовершенствование теоретических и экспериментальных методов определения ветровых и гололедно-ветровых нагрузок и воздействий.

**Танасогло Антон Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: эксплуатационная надежность и оптимальное проектирование конструкций воздушных линий электропередачи и антенных опор, изучение действительной работы металлических решетчатых конструкций башенного типа.

**Горохов Євген Васильович** – доктор технічних наук, професор, президент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», завідувач кафедри металевих конструкцій і споруд. Іноземний член Російської Академії архітектури і будівельних наук, академік Академії Вищої школи і Академії будівництва України, Член Міжнародного комітету з вивчення впливу вітру на будівлі і споруди. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, кліматичні навантаження на будівельні конструкції.

**Назім Ярослав Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент, проректор з міжнародних зв'язків та науково-педагогічної роботи ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», завідувач кафедри спеціалізованих інформаційних технологій і систем. Член Міжнародної асоціації з великих систем енергетики (CIGRE). Наукові інтереси: експлуатаційна надійність і довговічність електромережних конструкцій, удосконалення теоретичних і експериментальних методів визначення вітрових і ожеледно-вітрових навантажень і впливів.

**Танасогло Антон Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експлуатаційна надійність і оптимальне проектування конструкцій повітряних ліній електропередавання та антенних опор, вивчення дійсної роботи металевих ґратчастих конструкцій баштового типу.

**Gorokhov Yevgen** – D. Sc. (Engineering), Professor; President of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, the Head of the Metal Structures and Constructions Department. Foreign member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, academician of the Academy of Higher Education and the Academy of Civil Engineering of Ukraine, Member of the International Committee of study of wind effects on buildings and structures. Scientific interests: operational reliability of building metal structures, climatic loads on building structures.

**Nazim Yaroslav** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Vice-rector for international relations and scientific and pedagogical work of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, the Head of Specialized Information Technologies and Systems Department, Member of the International Association of large energy systems (CIGRE). Scientific interests: operational characteristics, the longevity and the reliability of power supply structures, improvement of theoretical and experimental methods for determining wind and ice-wind loads and impacts.

**Tanasoglo Anton** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operational reliability and optimal design of overhead power transmission line and antenna support structures, studying of the valid work of metal lattice tower supports.