

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ НАРУЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-РЕКЛАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ ANSYS

Мартыненко Т.М., Смиловенко О.О., Пронкевич С.А.,
Мартыненко И.М., Лосик С.А.

Цель. Повышение надежности наружных рекламных и информационных конструкций (билбордов) посредством численного моделирования на основе современного программного комплекса (ANSYS) для выявления концентрации напряжений и оценки риска разрушения от метеонагрузок на основе анализа прочности и устойчивости.

Методы. Для создания цифровой модели конструкции был применен комплексный подход, объединяющий этапы геометрического построения и инженерного расчета. Исходная геометрия была создана в системе автоматизированного проектирования Autodesk Inventor Professional. Для прочностных и динамических расчетов использовался модуль ANSYS.

Результаты. Комплексное моделирование в среде ANSYS позволило получить результаты, характеризующие поведение конструкции билборда под расчетными нагрузками. Установлено, что при скорости набегающего потока 23 м/с среднее интегральное аэродинамическое давление на плоскость щита стандартного размером 3×6 м составляет 340 Па. Визуализация полей давления и скорости подтвердила формирование классической картины обтекания плоской преграды: зона высокого давления на наветренной стороне и зона турбулентного разрежения с вихреобразованием на подветренной стороне и по бокам конструкции. Определена результирующая ветровая нагрузка, которая для данной площади составляет 6,1 кН.

Область применения исследований. Построенная модель может служить основой для обоснованного технического обслуживания, прогнозируя остаточный ресурс конструкций. На основе моделирования возможно разработать программу точечного инструментального контроля конкретных критических узлов.

Ключевые слова: наружные рекламные конструкции, безопасность городской среды, ANSYS, конечно-элементный анализ, цифровое моделирование, ветровые нагрузки, усталостное разрушение, предиктивная диагностика.

(Поступила в редакцию 4 февраля 2026 г.)

Введение

Наружные рекламные и информационные конструкции (НИК) представляют собой неотъемлемый, но часто недооцененный по уровню опасности элемент современной городской инфраструктуры. Выполняя важные экономические и коммуникативные функции, они, по своей сути являются источником стационарной опасности. Будучи интегрированными в городской ландшафт, НИК являются источником риска. Их повсеместное расположение в зонах высокой пешеходной и транспортной активности в сочетании с наблюдаемым усилением экстремальных погодных явлений создает комплексную проблему безопасности. Поскольку НИК используются повсеместно, а их разрушение грозит серьезными последствиями – от травм среди населения до сбоев в работе транспорта и инфраструктуры, возникает потребность в создании действенных механизмов предупреждения рисков. Широкое применение НИК в сочетании с потенциальной тяжестью последствий их разрушения обуславливает насущную необходимость в разработке эффективных методов предотвращения опасностей.

Согласно заявлению Мингорисполкома в 2021 г. такие инциденты имели место вследствие износа и погодных условий. Масштаб проблемы иллюстрируют цифры: за 2020 г. выявлено 1937 нарушений содержания конструкций, выдано 237 предписаний балансодержателям, критическая ситуация сложилась с 68 конструкциями на путепроводах, 29 из которых требовали немедленного вмешательства¹.

¹ Рекламные конструкции в Минске к 1 апреля должны быть в надлежащем состоянии – Дорохович // Главный Бухгалтер: GB.BY. – 2021. – 12 марта. – URL: <https://www.gb.by/novosti/reklamnye-konstruktsii-v-minske-k-1-apre> (дата обращения 26.01.2025).

Решение этой задачи является важнейшим условием обеспечения общественной безопасности и устойчивого развития городской среды. Однако традиционный подход, основанный на расчетах по упрощенным методикам и эпизодических визуальных проверках, не соответствует уровню современных требований по обеспечению безопасности. Необходим переход к инжинирингу, основанному на данных и прогнозах. В этом новом контексте передовые программные комплексы для инженерного анализа, такие как ANSYS, перестают быть лишь инструментом в арсенале проектировщика. Они становятся краеугольным камнем системы мониторинга и раннего предупреждения об авариях для всей отрасли. Способность к комплексному многофизическому моделированию позволяет перейти от реагирования на инциденты к их предупреждению, создавая основу для интеллектуального управления жизненным циклом НИК и минимизации рисков для городской среды.

Цель работы заключается в повышении надежности НИК путем численного моделирования в среде ANSYS на основе анализа прочности и устойчивости для выявления областей концентрации напряжений и оценки риска разрушения конструкции при метеорологических воздействиях.

Основная часть

Актуальность проблемы обеспечения безопасности НИК определяется совокупностью социально-экономических и климатических факторов. Массовое расположение объектов в зонах повышенной пешеходной и транспортной активности (центральные магистрали, остановочные комплексы, пешеходные зоны) многократно увеличивает потенциальные последствия их аварийного разрушения, переводя технические риски в категорию угроз общественной безопасности. Дополнительной угрозой стало изменение климатических параметров, приводящее к росту повторяемости экстремальных метеорологических явлений [1; 2]. Многие из находящихся в эксплуатации конструкций, рассчитанных на основе действующих подходов, не имеют достаточного запаса прочности для противодействия увеличившимся динамическим нагрузкам.

Эксплуатация НИК в условиях открытой урбанизированной среды характеризуется одновременным воздействием следующих взаимосвязанных факторов.

Аэродинамические нагрузки. Ветровое воздействие, имеющее турбулентный пульсирующий характер, является доминирующим фактором риска для щитовых конструкций. Оно создает значительный опрокидывающий момент и инициирует циклические колебания, приводящие к накоплению усталостных повреждений материала.

Статические и квазистатические нагрузки. Собственный вес конструкции, снеговые отложения и гололедные образования формируют постоянную составляющую нагружения. Критическим аспектом является не только увеличение массы, но и существенное изменение аэродинамических свойств конструкции, ведущее к росту ее парусности.

Динамические и циклические воздействия. Вибрации, передаваемые от интенсивного транспортного потока через грунтовое основание, в сочетании с ветровой пульсацией приводят к многократному циклическому нагружению элементов. Это является основной причиной ослабления соединений и развития усталостных трещин.

Коррозионно-механическая деградация. Агрессивные компоненты городской атмосферы (противогололедные реагенты, промышленные выбросы, повышенная влажность) интенсифицируют процессы коррозии металлоконструкций. Это приводит к уменьшению рабочего сечения элементов, развитию трещинной сетки и катастрофическому снижению несущей способности.

Наибольшую опасность представляет синергетический эффект, при котором сочетание ослабляющих факторов (например, развитая коррозия опоры) с пиковым внешним воздействием (шквалистый ветер) приводит к внезапному хрупкому разрушению, не обнаруживаемому при плановых визуальных проверках [3].

Современная практика обеспечения безопасности НИК базируется на комбинации взаимодополняющих методов. *Расчетно-теоретические методы.* Применение систем конечно-элементного анализа, таких как SCAD и ANSYS, позволяет выполнять детальные статические и динамические расчеты, оценивая прочность, устойчивость и динамический отклик конструкции на комплекс расчетных нагрузок. *Экспериментальные методы.* Лабораторные испытания образцов материалов и натурные испытания полноразмерных конструкций служат для валидации расчетных моделей и получения данных о реальном поведении объекта под нагрузкой. *Методы эксплуатационного контроля,* которые включают

регулярный визуальный осмотр для выявления явных дефектов (коррозия, деформации) и инструментальный контроль с применением ультразвуковой дефектоскопии, толщинометрии, геодезических измерений и обследования фундаментов. Для особо ответственных объектов применяется система постоянного мониторинга с установкой датчиков (тензометров, акселерометров) и ведением цифрового паспорта технического состояния.

Программный комплекс ANSYS представляет собой интегрированную среду для сквозного моделирования всех этапов жизненного цикла конструкции, обеспечивая переход от реактивного к предиктивному управлению безопасностью. ANSYS Mechanical позволяет проводить нелинейный статический и динамический анализ с учетом реальных факторов работы: геометрической нелинейности, контактного взаимодействия в узлах, податливости оснований [4]. Это обеспечивает точную оценку концентрации напряжений в критических зонах (узел «каркас-стойка»), поведения соединений и общей устойчивости системы. ANSYS Fluent (CFD-модуль) дает возможность выполнять детальное моделирование турбулентного обтекания конструкции и получать точные пространственные распределения аэродинамического давления вместо усредненных нормативных коэффициентов. Результаты такого анализа (визуализация потока, силы, моменты, оценка вихревого резонанса) служат основой для формирования корректных нагрузок в прочностном расчете [5].

Интеграция модулей позволяет моделировать синергетические эффекты, прогнозировать накопление усталостных повреждений от миллионов циклов нагружения с поправкой на влияние коррозии, определять критические элементы и в итоге оценивать остаточный ресурс конструкции.

Проведено исследование процессов пластической деформации в несущих узлах конструкции билборда. Трехмерная параметрическая модель исследуемого объекта (рис. 1) была разработана в среде Autodesk Inventor Professional [6; 7]. Выбор данного CAD-пакета обусловлен его возможностями по созданию ассоциативных сборок, где геометрические элементы связаны параметрическими зависимостями. Это обеспечивает гибкость при проектировании, позволяя оперативно изменять ключевые размеры в ходе вычислительного эксперимента – например, сечение опорной стойки, конфигурацию силового каркаса или параметры фундамента. Для последующего конечно-элементного анализа созданная модель была импортирована в программный комплекс ANSYS.

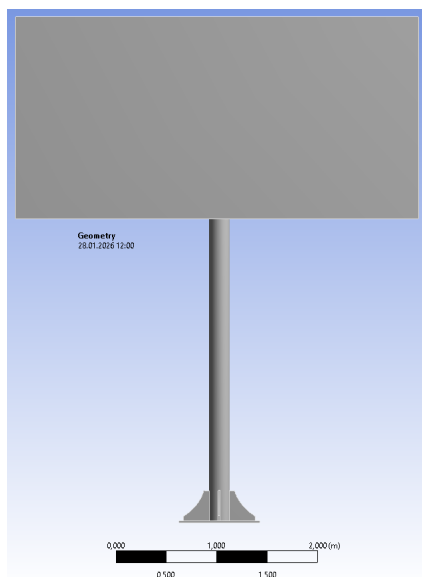


Рисунок 1. – Цифровой двойник наружной рекламной конструкции

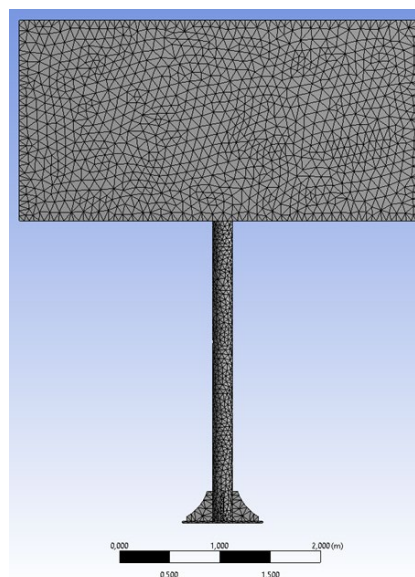


Рисунок 2. – Вид конечно-элементной модели наружной рекламной конструкции

На следующем этапе геометрическая CAD-модель была преобразована в конечно-элементную расчетную сетку. Для этого потребовалось определить характерный размер, форму и метод дискретизации для каждого компонента конструкции. Для критически важных зон, где прогнозируется высокая концентрация напряжений (в первую очередь в узле сопряжения силового каркаса рекламного поля с опорной стойкой, а также в зонах сварных швов и крепежных узлов), был задан размер конечного элемента, равный 10 мм. Для менее напряженных элементов конструкции, таких как ребра жесткости каркаса и раскосы, использовалась

адаптивная градация размера ячейки сетки в диапазоне от 20 до 30 мм (рис. 2). Оба типа элементов поддерживают решение как линейных, так и нелинейных задач, включая моделирование пластичности, ползучести, больших деформаций и контактного взаимодействия [8]. В результате построения с учетом выбранных параметров дискретизации общая расчетная модель билборда состояла из 14 000 конечных элементов. Для ключевых узлов и зон с ожидаемой концентрацией напряжений использовалось 756 элементов SOLID 186 (призматической формы). Основной объем модели, включая каркас щита и опорную конструкцию, был представлен 14 756 элементами SOLID 187 тетраэдральной формы, что обеспечило баланс между точностью расчета и вычислительной эффективностью (табл. 1).

Таблица 1. – Сводная таблица исходных данных

Модель	Объем, м ³	Масса, кг	Количество элементов	Моменты инерции относительно координатных осей			Узловые точки
				OX, кг·м ²	OY, кг·м ²	OZ, кг·м ²	
НИК	1,7087	13 414	14 756	10 699	16 802	274 04	28 129
Воздух	17 998	0	0	0	0	0	0

Примечание. Начало координат помещено в точку закрепления опорной стойки к фундаменту. Ориентация осей связана с геометрией билборда: ось OY направлена вертикально вверх (вдоль опорной стойки); ось OX ориентирована горизонтально вдоль плоскости щита (по ширине рекламного поля); ось OZ направлена перпендикулярно плоскости щита (в сторону наблюдателя).

В таблице 1 приведены основные инерционные и конечно-элементные характеристики двух моделей: НИК (несущая конструкция билборда) и воздух (окружающая среда). Моменты инерции характеризуют распределение массы всей конструкции относительно точки защемления стойки, что непосредственно используется в расчетах на устойчивость и при оценке опрокидывающих нагрузок. Модель «воздух» имеет нулевые значения по всем параметрам, т.к. она не обладает массой и не дискретизируется – ее введение связано с учетом аэродинамических граничных условий.

Для выполнения вычислительного эксперимента по аэродинамическому обтеканию билборда в ANSYS Fluent была создана трехмерная гибридная расчетная сетка, учитывающая как внешний поток, так и внутренний объем конструкции. Расчетная область представляет собой объем, существенно превышающий габариты самой конструкции для корректного задания граничных условий набегающего потока и исключения влияния искусственных границ на результат. Область была разбита на несколько подобластей.

Внешняя область (External Domain) охватывает пространство вокруг билборда. Для минимизации влияния границ области на результат ее размеры были выбраны таким образом, чтобы расстояние от конструкции до входной, выходной и боковых границ составляло не менее 5–10 характерных размеров щита (высоты или ширины).

Внутренняя область (Internal Domain) выделена для моделирования внутреннего объема конструкции, пространства внутри силового каркаса, образуемого стойками, ригелями и раскосами. Для точного моделирования геометрии потока был применен метод вложенных областей с построением пристеночного пограничного слоя. Пограничный слой (Boundary Layer) на всех поверхностях конструкции (внешних и внутренних) был сгенерирован как структурированный пристеночный слой из призматических элементов. Вне пограничного слоя использовалась неструктурированная сетка из тетраэдральных элементов, что обеспечило гибкость и автоматизацию дискретизации сложной внешней области. Зоны с ожидаемыми сильными градиентами параметров потока (перед щитом, в следе за ним) были локально сгущены. Итоговая расчетная сетка, учитывающая внутренний объем конструкции, содержит 2,1 млн элементов (рис. 3).

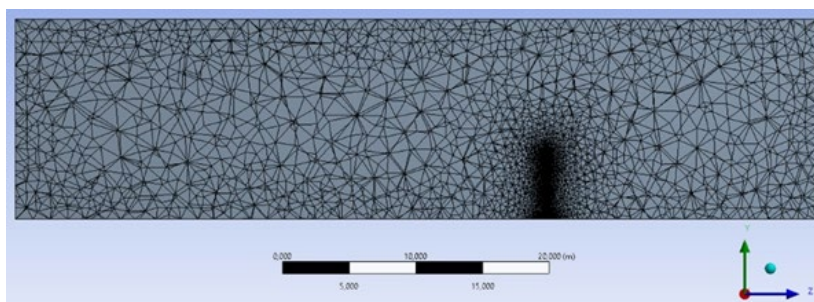


Рисунок 3. – Вид конечно-элементной модели, учитывающей аэродинамическое обтекание наружной рекламной конструкции

Для оценки эксплуатационных нагрузок было проведено CFD-моделирование в ANSYS Fluent. В качестве расчетного сценария был выбран ветровой режим со скоростью набегающего потока 23 м/с [9]. В результате численного расчета получено пространственное распределение статического и динамического давления на все поверхности билборда – лицевую, тыльную и боковые стороны, а также на элементы силового каркаса. Анализ полей давления показал, что пиковые нагрузки возникают в центральной части рекламного поля, где поток тормозится, создавая зону повышенного давления.

Среднее интегрированное значение аэродинамической нагрузки, действующей нормально на плоскость щита, составило 340 Па. Эта величина представляет собой результирующую силу давления, приложенную к конструкции. Для перевода ее в сосредоточенную силу², действующую на опоры, необходимо умножить данное давление на площадь парусности щита. Важно отметить, что полученное значение 340 Па является средним интегральным (рис. 4). Локальные давления в зонах кромок и концентрации потока могут существенно превышать эту величину, что подтверждает необходимость локального усиления конструкции в этих областях. Данный результат использован в качестве входной нагрузки для последующего прочностного нелинейного анализа в ANSYS Mechanical для оценки напряженно-деформированного состояния всей конструкции.

Результат статического расчета в ANSYS Mechanical, выполненного при действии расчетной ветровой нагрузки, позволил количественно оценить жесткость несущей системы билборда. Максимальный прогиб опорной стойки – составил 5,8 мм. Данное значение представляет собой отклонение верхней точки стойки от ее вертикальной оси под действием результирующей аэродинамической силы (рис. 5).

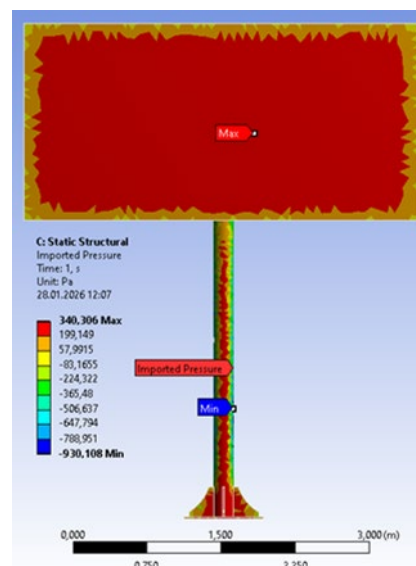


Рисунок 4. – Распределение аэродинамической нагрузки по поверхности билборда

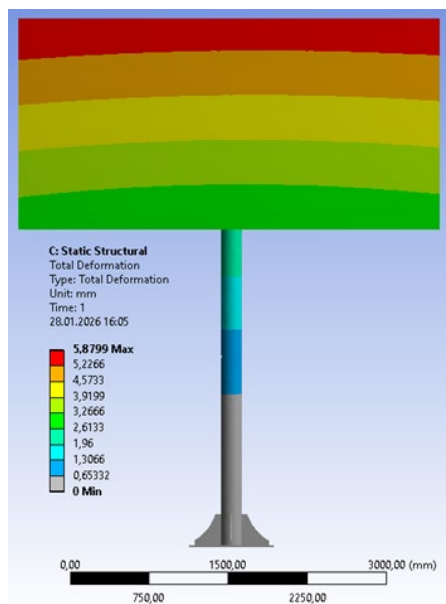


Рисунок 5. – Пространственная картина распределения суммарных деформаций

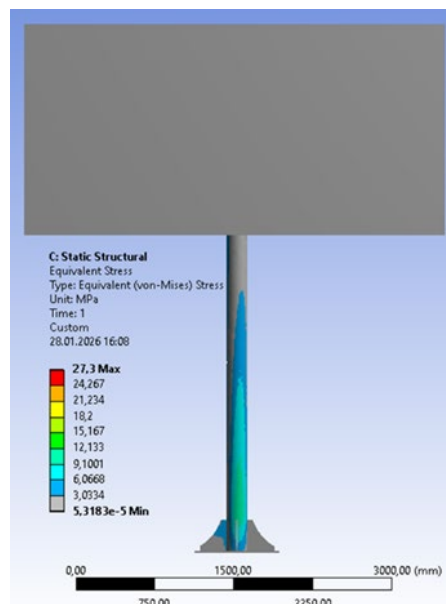


Рисунок 6. – Пространственная картина распределения эквивалентных напряжений

Прогиб 5,8 мм для свободностоящей конструкции высотой несколько метров свидетельствует о высокой общей жесткости спроектированной опоры и эффективном сопротивлении ветровой нагрузке. Для инженерной оценки часто используется относительный прогиб, равный отношению абсолютного отклонения к высоте конструкции. В данном случае

² Пример для стандартного билборда 3×6 м. Сила = Давление × Площадь = 340 Па × 18 м² = 6120 Н (624 кгс).

это отношение будет находиться в пределах 1/1000–1/1500, что существенно меньше типичных нормативных ограничений (обычно 1/200–1/300), регламентирующих допустимые перемещения для обеспечения визуальной и эксплуатационной надежности [10]. Полученное значение 5,8 мм подтверждает, что под действием экстремальной нагрузки – 23 м/с конструкция работает в упругой области, без возникновения остаточных деформаций. Деформации носят обратимый характер, что является обязательным условием для многократного циклического нагружения конструкции в течение всего срока службы.

Результаты детального конечно-элементного расчета позволили выявить и количественно оценить зону максимального силового воздействия в конструкции билборда. Установлено, что пиковое напряженно-деформированное состояние возникает в зоне сопряжения опорной стойки с фундаментным основанием. Именно этот узел является ключевым с точки зрения передачи всех эксплуатационных нагрузок (ветровых, снеговых, собственного веса) от надземной конструкции в грунт. Значение максимальных приведенных (эквивалентных по Мизесу) напряжений в этой области составило 27 МПа. Концентрация напряжений в прифундаментной зоне является типичной и ожидаемой для консольных конструкций. Она обусловлена действием максимального изгибающего момента, который линейно возрастает от верха стойки к ее заделке (рис. 6).

Для наиболее распространенных марок конструкционной стали (например, Ст. 3) предел текучести составляет 235–255 МПа [11]. Таким образом, полученное значение 27 МПа составляет лишь 10–11 % от предела текучести материала. Это указывает на значительный запас прочности в наиболее опасном сечении даже при экстремальной нагрузке. Напряжение в 27 МПа свидетельствует о том, что материал конструкции работает в упругой области. Это исключает риск возникновения остаточных деформаций или хрупкого разрушения в базовом узле крепления при штатных внешних воздействиях.

Заключение

Проведенное исследование, объединяющее методологию конечно-элементного моделирования в ANSYS Mechanical и вычислительной гидродинамики в ANSYS Fluent, позволило осуществить детальный инженерный анализ напряженно-деформированного состояния наружной рекламной конструкции (билборда) под действием расчетных эксплуатационных нагрузок. Разработана и апробирована процедура перехода от параметрической САД-модели к детализированной расчетной сетке, адекватно учитывающей геометрическую сложность конструкции.

Установлено, что при скорости ветра 23 м/с средняя интегральная аэродинамическая нагрузка на плоскость щита составляет 340 Па, что создает опрокидывающий момент. Определено, что максимальное отклонение (прогиб) верхней точки опорной стойки при данной нагрузке не превышает 5,8 мм, что свидетельствует о высокой общей жесткости конструкции и ее соответствии критериям эксплуатационной пригодности. Выявлено, что зоной максимальной концентрации напряжений является узел сопряжения стойки с фундаментом. Пиковое значение эквивалентных напряжений в этой зоне достигает 27 МПа, что составляет лишь 10–11 % от предела текучести стандартной конструкционной стали, подтверждая существенный запас прочности в наиболее опасном сечении.

Расчеты подтвердили, что при действии экстремальных нагрузок в рамках рассмотренных сценариев вся конструкция работает в упругой области. Однако для гарантированной безопасности в условиях возрастания климатических рисков и при выявлении локальных дефектов в процессе эксплуатации рекомендованы следующие мероприятия по усилению:

- усиление критического узла «стойка – фундамент», установка дополнительных ребер жесткости (косынок) или монтаж накладного усиливающего бандажа в зоне максимального изгибающего момента;
- снижение парусности, обязательное применение перфорированных рекламных полотен для снижения динамической составляющей ветровой нагрузки на 25–30 %;
- повышение коррозионной стойкости, использование сталей с повышенной атмосферостойкостью (например, 09Г2С) или нанесение комбинированных лакокрасочных покрытий с контролируемой толщиной сухого слоя не менее 120 мкм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бардин, М.Ю. Современные изменения приземного климата по результатам регулярного мониторинга / М.Ю. Бардин, Э.Я. Ранькова, Т.В. Платова [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2020. – № 5. – С. 29–45. – EDN: QAAIAR.
2. Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). – Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2023. – 3056 p. – DOI: 10.1017/9781009325844.
3. Мартыненко, Т.М. Исследование механического гистерезиса при циклическом нагружении в болтовом соединении опорно-поворотного устройства крана / Т.М. Мартыненко, О.О. Смиловенко, С.А. Пронкевич, С.А. Лосиц, И.М. Мартыненко // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2025. – Т. 9. № 3. – С. 335–343. – DOI: 10.33408/2519-237X.2025.9-3.335. – EDN: PJDRXZ.
4. Ким, Д.А. Анализ ветрового воздействия на здания и сооружения / Д.А. Ким // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 12 (72) – С. 431–441. – EDN: VUVTFF.
5. Белостоцкий, А.М. Численное моделирование задач строительной аэродинамики. Разработка методик расчета ветровых воздействий и исследование реальных объектов / А.М. Белостоцкий, С.И. Дубинский, И.Н. Афанасьева // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4–5. – С. 182–185. – EDN: RTUJSB.
6. Чернов, С.А. Моделирование устойчивости подкрепленной тонкостенными стержнями пластины / С.А. Чернов // Программные продукты и системы. – 2014. – № 4. – С. 183–187. – EDN: TPOWNB.
7. Басов, К.А. ANSYS в примерах и задачах / К.А. Басов; под ред. Д.Г. Красковского. – М.: КомпьютерПресс, 2002. – 223 с.
8. Клованич, С.Ф. Метод конечных элементов в нелинейных задачах инженерной механики / С.Ф. Клованич. – Запорожье: ИПО «Запорожье», 2009. – 400 с. – ISBN 978-966-7732-72-2.
9. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*: СП 20.13330.2016. – Введ. 04.06.2017. – М.: Стандартиформ, 2016. – IV, 74 с.
10. Смиловенко, О.О. Техническая механика: учебник / О.О. Смиловенко, Т.М. Мартыненко, С.А. Лосиц. – Мн.: РИВШ, 2021. – 520 с. – ISBN: 9789855865132.
11. Солнцев, Ю.П. Материаловедение: учебник для студентов вузов / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин; под ред. Ю.П. Солнцева. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2020. – 784 с. – ISBN 078-5-93808-345-6.

Оценка прочности и устойчивости наружных информационно-рекламных конструкций на основе моделирования в среде ANSYS

Assessment of strength and stability of external information and advertising structures based on modeling in ANSYS environment

Мартыненко Тарас Михайлович

кандидат физико-математических наук,
доцент

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», кафедра
промышленной безопасности, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

Email: taras2480@gmail.com

SPIN-код: 4999-4213

Taras M. Martynenko

PhD in Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor

State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Chair of Industrial Safety, Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

Email: taras2480@gmail.com

ORCID: 0009-0000-6609-2030

Смиловенко Ольга Олеговна

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», кафедра
промышленной безопасности, профессор

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

Email: olgasmilovenko@gmail.com

Olga O. Smilovenko

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Chair of Industrial Safety, Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

Email: olgasmilovenko@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1612-9573

Пронкевич Сергей Александрович

кандидат физико-математических наук,
доцент

Закрытое акционерное общество
«Струнные технологии», бюро расчета
машиностроительных конструкций,
начальник бюро

Адрес: ул. Железнодорожная, 33,
220089, г. Минск, Беларусь

Email: ps_minsk@mail.ru

Sergey A. Pronkevich

PhD in Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor

Closed Joint-Stock Company «String
Technologies», Bureau of Machine-Building
Structures Calculation, Head of the Bureau

Address: Zheleznodorozhnaya str., 33,
220089, Minsk, Belarus

Email: ps_minsk@mail.ru

ORCID: 0009-0008-4708-8325

Мартыненко Игнат Михайлович

кандидат физико-математических наук,
доцент

Белорусский государственный университет,
факультет прикладной математики
и информатики, кафедра фундаментальной
математики и интеллектуальных систем,
доцент

Адрес: пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь

Email: im_martynenko@mail.ru

Ignat M. Martynenko

PhD in Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor

Belarusian State University,
Faculty of Applied Mathematics
and Computer Science, Chair of Fundamental
Mathematics and Intelligent Systems,
Associate Professor

Address: Nezavisimosti avenue, 25,
220030, Minsk, Belarus

Email: im_martynenko@mail.ru

ORCID: 0009-0009-4420-7875

Лосик Сергей Анатольевич

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», кафедра
промышленной безопасности,
старший преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

Email: losikserg@mail.ru

SPIN-код: 3355-0668

Sergey A. Losik

State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Chair of Industrial Safety,
Senior Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

Email: losikserg@mail.ru

ORCID: 0009-0002-2501-9026

**ASSESSMENT OF STRENGTH AND STABILITY
OF EXTERNAL INFORMATION AND ADVERTISING STRUCTURES
BASED ON MODELING IN ANSYS ENVIRONMENT**

Martynenko T.M., Smilovenko O.O., Pronkevich S.A., Martynenko I.M., Losik S.A.

Purpose. The purpose of this study is to increase the strength, stability and safe operation of outdoor advertising structures (billboards) based on the modern ANSYS engineering modeling software package.

Methods. To create a digital model of the design, an integrated approach was applied, combining the stages of geometric construction and engineering calculation. The original geometry was created in Autodesk Inventor Professional CAD system. ANSYS module was used for strength and dynamic calculations.

Findings. Complex modeling in the ANSYS environment made it possible to obtain results characterizing the behavior of the billboard design under design loads. It was found that at an incoming flow speed of 23 m/s, the average integral aerodynamic pressure on the plane of a standard size board of 3x6 m is 340 Pa. Visualization of the pressure and velocity fields confirmed the formation of a classic picture of the flow around a flat obstacle, a high pressure zone on the windward side and a turbulent rarefaction zone with vortex formation on the leeward side and on the sides of the structure. The resulting wind load is determined, which for this area is 6.1 kN.

Application field of research. The model is the basis for the development of reasonable smooth repair and maintenance, predicting the residual life of structures. On the basis of modeling, it is possible to develop a program for point instrumental control of specific critical nodes.

Keywords: outdoor advertising structures, urban environment safety, ANSYS, finite element analysis, digital modeling, wind loads, fatigue destruction, predictive diagnostics.

(The date of submitting: February 4, 2026)

REFERENCES

1. Bardin M.Y., Ran'kova E.Y., Platova T.V., Samokhina O.F., Korneva I.A. Modern surface climate change as inferred from routine climate monitoring data. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2020. Vol. 45. No. 5. C. 317–329. DOI: 10.3103/S1068373920050027. EDN: QSXZZX.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2023. 3056 p. DOI: 10.1017/9781009325844.
3. Martynenko T.M., Smilovenko O.O., Pronkevich S.A., Losik S.A., Martynenko I.M. [Issledovanie mekhanicheskogo gisterezisa pri tsiklicheskom nagruzhении v boltovom soedinenii oporno-povorotnogo ustroystva kрана] Investigation of mechanical hysteresis under cyclic loading in bolted connection of crane slewing-bolt device. *Journal of Civil Protection*, 2025. Vol. 9, No. 3. Pp. 335–343. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2025.9-3.335. EDN: PJDRXZ
4. Kim D.A. [Analiz vetrovogo vozdeystviya na zdaniya i sooruzheniya] Analysis of wind impact on buildings and structures. *Engineering Bulletin of Don*, 2020. No. 12 (72). Pp. 431–441. (rus). EDN: VUVTFF.
5. Belostotskiy A.M., Dubinskiy S.I., Afanas'eva I.N. Chislennoe modelirovanie zadach stroitel'noy aerodinamiki. Razrabotka metodik rascheta vetrovykh vozdeystviy i issledovanie real'nykh ob"ektov [Numerical simulation in civil aerodynamics. Development of methodology of calculation of wind effects and study of real object]. *Vestnik MGSU*, 2010. No. 4-5. Pp. 182–185. (rus). EDN: RTUJSB.
6. Chernov S.A. Modelirovanie ustoychivosti podkreplennoy tonkostennymi sterzhnyami plastiny [Modeling the stability of a plate reinforced with thin-walled rods]. *Software & Systems*, 2014. No. 4. Pp. 183–187. (rus). EDN: TPOWNB.
7. Basov K.A. *ANSYS v primerakh i zadachakh* [ANSYS in examples and tasks]. Moscow: ComputerPress, 2002. 223 p. (rus)
8. Klovanich S.F. *Metod konechnykh elementov v nelineynykh zadachakh inzhenernoy mekhaniki* [Method of finite elements in nonlinear problems of engineering mechanics]. Zaporozhye: Publishing and Printing Association «Zaporozhye», 2009. 400 p. ISBN 978-966-7732-72-2.
9. *Nagruzki i vozdeystviya: SP 20.13330.2016* [Loads and impacts: Set of Rules 20.13330.2016]. Introduced June 4, 2017. Moscow: Standartinform, 2016. IV, 74 p.
10. Smilovenko O.O., Martynenko T.M., Losik S.A. *Tekhnicheskaya mekhanika* [Technical mechanics]: textbook. Minsk: National Institute for Higher Education, 2021. 520 p. (rus)

11. Solntsev Yu.P., Pryakhin E.I. *Materialovedenie* [Materials science]: textbook for university students. St. Petersburg: KHIMIZDAT, 2020. 784 p. (rus). ISBN 078-5-93808-345-6.

Copyright © 2026 Martynenko T.M., Smilovenko O.O.,
Pronkevich S.A., Martynenko I.M., Losik S.A.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.