



СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

СӘУЛЕТ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС
АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО
ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI 10.51885/1561-4212_2024_3_253
MPHTI 67.01.05

Д.С. Догадкин¹, В.Ф. Шевляков², Д.И. Қалиев³, Н.Ф. Денисова⁴, И.В. Денисов⁵

Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева,

г. Усть-Каменогорск, Казахстан

¹E-mail: DDogadkin@ektu.kz*

²E-mail: shevlyakovvf08@mail.ru

³E-mail: daniyar.1996.samarka@gmail.com

⁴E-mail: NDenisova@edu.ektu.kz

⁵E-mail: aproximacia@mail.ru

**ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ
АВТОНОМНОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЛАВИНООПАСНЫХ УЧАСТКОВ
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНДАҒЫ КӨШКІН ҚАУПІ БАР УЧАСКЕЛЕРДІҢ
МОНИТОРИНГІ ҮШІН АВТОНОМДЫ СТАНЦИЯНЫҢ ТІРЕК КОНСТРУКЦИЯСЫН
ТАҢДАУДЫҢ НЕГІЗДЕМЕСІ**

**JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE SUPPORTING STRUCTURE
OF AN AUTONOMOUS STATION FOR MONITORING AVALANCHE-PRONE
AREAS OF THE EAST KAZAKHSTAN REGION**

Аннотация. Существующие в настоящее время в Восточно-Казахстанской области (далее ВКО) способы наблюдения за снежными горными лавинами не дают своевременной и полной картины накопления и момента схода снежных масс. Для решения данной проблемы в Восточно-Казахстанском техническом университете имени Д. Серикбаева разрабатывается современная автоматизированная система мониторинга лавиноопасных участков ВКО. Она предполагает дистанционное наблюдение за накоплением снежных масс с помощью приборов, установленных на несущих конструкциях непосредственно на лавиноопасных участках. Для установки такой конструкции необходимо решить вопрос выбора типа конструкции и материала, из которого она изготавливается. Для решения этой задачи были рассмотрены Своды Правил Республики Казахстан и предлагаемые на рынке металлоконструкций изделия, применяемые для установки и эксплуатации телекоммуникационного оборудования и оборудования сотовой радиотелефонной связи, для метеорологических систем и наблюдений, для антенных сооружений и т.д. В статье приведены нормативные параметры воздействий на территории ВКО (ветровые, снеговые, гололедные и т.д.), по которым подбираются или проектируются несущие конструкции, рассмотрены конструкции мачт, рекомендуемые нормами РК, а также выполнено сравнение конструкций, представленных заводами-производителями металлоконструкций на рынке.

Ключевые слова: несущая конструкция, мачта, лавины, мониторинг, наблюдение.

Аңдатпа. Қазіргі уақытта Шығыс Қазақстан облысында қар көшкінін бақылаудың қолданыстағы әдістері қар массаларының түсу және жиналу сәтінің уақытылы және толық бейнесін бермейді. Бұл мәселені шешу үшін Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінде ШҚО көшкіні қаупі бар учаскелерінің мониторингінің заманауи автоматтандырылған жүйесі әзірленуде. Ол қар көшкіні қаупі бар учаскелерде тірек конструкцияларына

орнатылған аспаптардың көмегімен қар массаларының жиналуын қашықтықтан бақылауды көздейді. Мұндай конструкцияны орнату үшін конструкцияның түрі мен жасайтын материалды таңдау мәселесін шешу қажет. Бұл міндетті шешу үшін Қазақстан Республикасының Ережелер жинақтары және телекоммуникациялық жабдықтары мен ұялы радиотелефон байланысы жабдықтарын орнату және пайдалану, метеорологиялық жүйелер мен бақылаулар, антенна құрылыстары және басқалары үшін қолданылатын металл конструкциялар нарығында ұсынылатын бұйымдар зерделенді. Мақалада тірек конструкциялары таңдалынып немесе жобаланатын ШҚО аумағындағы (жел, қар, көктайғақ және басқалары) әсер етудің нормативтік параметрлері келтірілген, ҚР нормалары ұсынған мачталардың конструкциялары қарастырылды, сондай-ақ нарықтағы металл конструкцияларын өндіруші-зауыттар ұсынған конструкцияларды салыстыру жүргізілді.

Түйін сөздер: тірек конструкциясы, мачта, қар көшкіні, мониторинг, бақылау.

Annotation. Currently existing methods of observing snow avalanches in the East Kazakhstan region do not provide a timely and complete picture of the accumulation and moment of snowfall. To solve this problem, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University is developing a modern automated monitoring system for avalanche-prone areas of East Kazakhstan region. It involves remote monitoring of the accumulation of snow masses using devices mounted on load-bearing structures directly on avalanche-prone areas. To install such a structure, it is necessary to decide on the choice of the type of structure and the material from which it is made. To solve this problem, the Codes of Rules of the Republic of Kazakhstan and products offered on the metal structures market used for the installation and operation of telecommunications equipment and cellular radiotelephone communication equipment, for meteorological systems and observations, for antenna structures, etc. were considered. The article presents the normative parameters of impacts on the territory of East Kazakhstan region (wind, snow, ice, etc.), according to which load-bearing structures are selected or designed, mast structures recommended by the norms of the Republic of Kazakhstan are considered, and a comparison of structures presented by manufacturers of metal structures on the market is performed.

Keywords: load-bearing structure, mast, avalanches, monitoring, surveillance.

Введение. В Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан имеется более 450 лавиноопасных участков, на которых каждый зимний период происходит сход снежных лавин, закрывающих дороги и угрожающих зданиям, сооружениям и населению. Для своевременного предупреждения о возможности схода лавин применяются различные способы мониторинга. Одним из способов является наблюдение за поведением лавиноопасных участков с помощью приборов, установленных на специальные несущие конструкции. В качестве таких конструкций используются различные мачты.

Конструкция мачты определяется следующими факторами:

- приборами, устанавливаемыми на мачту;
- пространством обзора, необходимым для работы приборов;
- рельефом местности (в т.ч. шероховатость поверхности и орография) и местом установки мачты;
- климатическими и геофизическими воздействиями;
- материалом мачты;
- грунтами и возможностью возведения;
- сроком эксплуатации.

Постоянными определяющими факторами для любой конструкции мачты, устанавливаемой в определённом районе местности, являются: снеговые воздействия, ветровые воздействия, температурные воздействия, гололёдные воздействия, сейсмические воздействия. Величины воздействий принимаются по строительным нормам Республики Казахстан: Сводам Правил РК, разработанным на основе европейских стандартов, и Национальным Приложениям, которые являются неотъемлемой частью сводов правил.

Материалы и методы. Снеговые воздействия (нагрузки), применяемые для расчёта сооружений и зданий в Республике Казахстан, приведены в Своде Правил (КазНИИСА, 2016а) и Национальном Приложении (КазНИИСА, 2016б). Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт S_k , определяемое с годовой вероятностью превышения 0,02,

необходимо принимать по карте 4 – «Районирование территории РК по снеговым нагрузкам на грунт» (КазНИИСА, 2016b). Из карты 4 следует, что на территории ВКО расположены несколько снеговых районов с разными снеговыми нагрузками, а именно:

I снеговой район (0,8 кПа) – полоса вокруг озера Зайсан и Чёрного Иртыша;

III снеговой район (1,5 кПа) – полоса западнее Шемонаихи, Усть-Каменогорска, севернее Курчума до полосы V и выше районов у границы с Россией и Китаем;

IV снеговой район (1,8 кПа) – восточнее Усть-Каменогорска, вокруг района Калбинского хребта;

V снеговой район (2,4 кПа) – Калбинский хребет, Тарбагатай;

VI снеговой район и выше (3,2 кПа и выше) – полоса западнее Шемонаихи по границе до Теректы (Алексеевка).

Данные по снеговой нагрузке для снеговых районов выше VI уточняются в Казгидромете. Эти районы считаются малоизученными.

Свод Правил (КазНИИСА, 2016с) и Национальное приложение (КазНИИСА, 2016d) разрешают основываться при проектировании сооружений на комбинации результатов расчёта и испытаний, выполненных аккредитованными организациями. Расчётное значение снеговой нагрузки при учёте её в качестве одной временной нагрузки определяется умножением характеристического значения на частный коэффициент, равный 1,5. Так, расчётная снеговая нагрузка (кПа) на грунт для города Усть-Каменогорска (III снеговой район) $S = \gamma_{Q1} Q_{k1} = 1,5 * 1,5 = 2,25$ кПа (225 кгс/м²). Для площадок, расположенных на территории ВКО на высоте более 1500 м, снеговые нагрузки следует принимать по картам 7, 8, 9 – «Районирование территории РК (включая горные районы) по климатическим зонам, связывающим высотное положение местности и снеговую нагрузку» (КазНИИСА, 2016b).

Снеговая нагрузка может учитываться как чрезвычайная. Расчётное значение чрезвычайной снеговой нагрузки на грунт принимается по карте 5 – «Районирование территории РК по чрезвычайным снеговым нагрузкам на грунт (в результате снегопада с исключительно низкой вероятностью)» (КазНИИСА, 2016b). Снеговые районы и величины снеговой чрезвычайной нагрузки для территории ВКО следующие:

I снеговой район (1,6 кПа) – полоса вокруг озера Зайсан и Чёрного Иртыша.

III снеговой район (3,0 кПа) – полоса западнее Шемонаихи, Усть-Каменогорска, севернее Курчума до полосы V и выше районов у границы с Россией и Китаем.

IV снеговой район (3,6 кПа) – восточнее Усть-Каменогорска, вокруг района Калбинского хребта.

V снеговой район (4,8 кПа) – Калбинский хребет, Тарбагатай.

VI снеговой район и выше (6,4 кПа и выше) – полоса западнее Шемонаихи по границе до Теректы (Алексеевка).

Снеговые нагрузки для площадок, расположенных на территории Республики Казахстан, и в том числе ВКО, на высоте более 1500 м, следует принимать по картам 7, 8, 9 – «Районирование территории РК (включая горные районы)» (КазНИИСА, 2016b). Высотные отметки более 1500 м имеет горная местность, расположенная в ВКО, восточнее городов Риддер, Алтай, в районе озера Маркаколь, Тарбагатайских гор до границы РК.

Снеговое воздействие создает незначительную вертикальную нагрузку на мачту из-за её небольших размеров в плане. Значительную горизонтальную снеговую нагрузку мачта будет испытывать в случае, если она будет расположена на площади движущейся лавины. Нормы (КазНИИСА, 2016а) рекомендуют применять средний объёмный вес (в кН/м³) снега в зависимости от срока после выпадения и влажности: свежий – 1,0; осевший (через несколько часов после выпадения) – 2,0; старый (через несколько недель или месяцев после выпадения) – 2,5 – 3,5; влажный – 4,0.

Для антенно-мачтовых устройств следует учитывать гололёдные нагрузки (КазНИИСА, 2016е, КазНИИСА, 2016f). Национальное приложение РК (КазНИИСА, 2016f) предлагает принимать районы по гололёдной нагрузке по карте 4 приложения 5 СНиП 2.03.07-85*. В ВКО расположены следующие районы по толщине стенки гололёда:

III – практически по всей территории области;

IV – вокруг озера Маркаколь и у подножия Тарбагатайских гор;

V – в Тарбагатайских горах выше района IV до границы РК с Китаем.

Горные и малоизученные районы – небольшой участок возле озера Маркаколь за районом IV у границы с Россией.

В V районе, горных и малоизученных районах, а также в сильнопересечённых местностях (на вершинах гор и холмов, на перевалах, на высоких насыпях, в закрытых горных долинах, котлованах, глубоких выемках и т.п.) толщину стенки гололёда необходимо определять по (КазНИИСА, 2016d) на основании данных специальных обследований и наблюдений. Толщина стенки гололёда для мачт при определении нормативной гололёдной нагрузки в нормах (КазНИИСА, 2016е) для районов, расположенных в ВКО, принимается: III – 10 мм, IV – 15 мм, V – не менее 20 мм.

В редакции ПУЭ (правила устройства электроустановок) разработана карта районирования территории Республики Казахстан по толщине стенки гололёда с обеспеченностью 4 %, составленная по материалам наблюдений за период 1971-2011 гг. (Елеуова и др., 2016). Из карты следует, что в ВКО по состоянию на 2011 год установлены следующие районы по гололёду:

II – полоса от границы ВКО до Усть-Каменогорска (до левого берега Иртыша) и до III района вокруг Калбинского хребта, полоса вокруг озера Зайсан, Бухтарминского водохранилища и Чёрного Иртыша (выделена цветом, но не обозначена цифрой), проходящая на севере через Улкен Нарын в сторону Риддера;

III – полоса, расположенная между полосами II, подходящими с востока и запада, проходящая от Аягоза через Калбинский хребет и Иртыш до границы с Россией в районе Шемонаихи и возле Риддера. Полосы в переходе от районов V (Риддер) и V (Маркаколь) вокруг полосы II до границы с Россией;

IV – участок в районе гор Тарбагатая;

V – участки: вокруг Риддера до границы с Россией; вокруг озера Маркаколь от села Теректы (Алексеевка) по границе почти до половины расстояния между Теректы и Риддером; вокруг центра Калбинского хребта.

Участки V со знаками (звёздочки) – горные малодоступные районы.

Согласно карте ПУЭ нормативное значение толщины стенки гололёда следует принимать в зависимости от гололёдного района по данным табл. 1.

Таблица 1. Нормативная толщина стенки гололёда для высоты 10 м
(повторяемость 1 раз в 25 лет)

Район по гололёду	Толщина стенки, мм
II	15
III	20
IV	25
V (особый)	>30

Примечание – составлено авторами на основе (Елеуова и др., 2016)

Ветровые воздействия одни из основных воздействий, учитываемых при разработке конструкции мачты. Воздействия создают одну из значительных горизонтальных нагрузок, действующих на мачту. Расчётное ветровое давление, а затем и ветровая

нагрузка определяются по базовой скорости ветра (НП.4 (КазНИИСА, 2016h) к СП РК EN1991-1-4 (КазНИИСА, 2016g). Приложение. Карта. Районирование территории РК по базовой скорости ветра с вероятностью 0,02). Влияние высоты над уровнем моря на базовую скорость ветра не учитывается.

Базовая скорость ветра (м/с) и давление ветра (кПа) для ветровых районов, располагаемых на территории ВКО, следующая:

– восточнее от побережья Бухтарминского водохранилища и границ районов Шемонаиха-Улкен Нарын-Куршим до границы с Россией и Китаем – IV ветровой район, 35 м/с; 0,77 кПа;

– западнее от побережья до границ с другими областями РК, а также южнее озера Зайсан до границы с Китаем – III ветровой район, 30 м/с; 0,56 кПа;

– в районе озера Маркаколь – X ветровой район (горный район, данные уточняются в Казгидромете);

– в районе Тарбагатайских гор у границы с Китаем – XI ветровой район (горный район, данные уточняются в Казгидромете).

Переход от давления ветра (q_p) к давлению на поверхность конструкции (W_e) и к расчётной ветровой нагрузке на конструкцию (F_d) осуществляется с помощью коэффициентов $C_e(z)$, C_{pe} , $C_s C_d = 1$ и частного коэффициента $\gamma_f = \gamma_{Q1} = 1,5$. Для IV ветрового района расчётное ветровое давление будет равно $g = 0,77 \text{ кПа} * 1,5 = 1,155 \text{ кПа}$, что соответствует скорости ветра 52,5 м/с.

Сооружения рассчитываются на сейсмические воздействия при особом сочетании нагрузок, включающих сейсмическую нагрузку. При этом температурные климатические воздействия, ветровые нагрузки, динамические воздействия от оборудования и транспорта, тормозные и боковые усилия от движения кранов не учитываются.

В СП РК 2.03-30-2017 (КазНИИСА, 2017a) имеются карты общего сейсмического зонирования (ОСЗ) (районирования) РК с пиковыми ускорениями грунтов в единицах g (ОСЗ-1₄₇₅ и ОСЗ-1₂₄₇₅) и в баллах макросейсмической шкалы интенсивности MSK-64(К) (ОСЗ-2₄₇₅ и ОСЗ-2₂₄₇₅), а также «Список населенных пунктов Республики Казахстан, расположенных в сейсмических зонах, с указанием сейсмической опасности их территорий в баллах и ускорениях». Для ВКО в списке приведены баллы 6, 7, 8, 9, 9*. Для строительства зданий и сооружений в зонах (районах) с балльностью до 6 баллов включительно их расчёт на сейсмические воздействия и специальные антисейсмические мероприятия не выполняются (за исключением грунтов III типа). Для строительства зданий и сооружений в зонах (районах) с балльностью 7, 8, 9, 9* баллов расчёт на сейсмические воздействия необходим. Населенные пункты, находящиеся в зонах возможного возникновения очагов землетрясений (зонах ВОЗ) с магнитудами 7.1 и более, отмечены значком (*) возле цифры балла, установленного для территории населённого пункта. Землетрясения с такими магнитудами могут вызвать на поверхности земли остаточные деформации, разрушительные эффекты типа обвалов, оползней и селей. Существуют в РК карты микрорайонирования (микрорайонирования), в которых зонирование в баллах выполнено для территорий отдельных городов и посёлков.

В ВКО балльность сейсмического района (зоны) увеличивается с запада на восток и юг в стороны границ РК и гор. Сейсмичность районов на территории ВКО меняется по карте ОСЗ-2₄₇₅ от 6 до 8 баллов, а по карте ОСЗ-3₂₄₇₅ от 6 до 9 баллов. В Усть-Каменогорске сейсмичность зоны (района) равна 7 баллов. Сейсмичность площадки, на которой строится здание или сооружение, принимается с учётом типа грунтовых условий и может составлять при слабых грунтах на 1 балл выше.

Среди климатических параметров наибольшее влияние на металлическую конструкцию мачты оказывают отрицательная температура, вызывающая разрушение металла, и влажность, создающая коррозию металла. Для защиты против коррозии на металл наносят антикоррозийные покрытия. Для возможности эксплуатации мачты при отрицательных температурах выбирается соответствующая марка стали. Температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,98 и 0,92, по которой принимается марка стали, согласно нормам (КазНИИСА, 2017b), для населённых пунктов ВКО следующая: Зайсан – -38,6 °С и -35,2 °С; Катон-Карагай – -32,9 °С и -29,9 °С; Усть-Каменогорск – -40,7 °С и -37,3 °С; Шемонаиха – -41,9 °С и -37,3 °С. Температура наиболее холодных суток с обеспеченностью 0,98 и 0,92 в населённых пунктах ВКО по нормам (КазНИИСА, 2017b) равна: Зайсан – -39,6 °С и -37,0 °С; Катон-Карагай – -36,1 °С и -34,9 °С; Усть-Каменогорск – -43,7 °С и -40,2 °С; Шемонаиха – -44,6 °С и -41,9 °С.

В соответствии со стандартом (КазНИИСА, 2016i) металл конструкции должен иметь достаточную ударную вязкость, чтобы исключить хрупкое разрушение растянутых элементов при самой низкой температуре, появляющейся за весь расчётный срок эксплуатации сооружения. Для мачт требования по ударной вязкости должны применяться в соответствии с нормами (КазНИИСА, 2016k; КазНИИСА, 2016l). Для сжатых элементов требования по ударной вязкости снижаются. При этом температура испытания образцов из отечественных сталей назначается в соответствии с требованиями стандартов РК (КазНИИСА, 2016e; КазНИИСА, 2016j). В Национальном Приложении (КазНИИСА, 2016j) приведены данные по ударной вязкости проката. Определение расчетной низкой температуры указано в Национальном Приложении (КазНИИСА, 2016j). За расчетную температуру наружного воздуха принимается (КазНИИСА, 2016j) температура воздуха наиболее холодных суток, определяемая по картам районирования территории России в СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия», Приложение 5, районирование по среднемесячной температуре воздуха в январе и районирование по отклонению средней температуры воздуха наиболее холодных суток от среднемесячной температуры в январе. Среднемесячная январская температура (карта 5) и отклонение от неё средней месячной температуры наиболее холодных суток для территории ВКО составляют: полоса восточнее города Алтай и вокруг озера Маркаколь, полоса Тарбагатайских гор у границы с Китаем – -30°С и по отклонению отмечены цветом, как горные и малоизученные районы; полоса у границы с Китаем, проходящая от полосы в горах Тарбагатай до полосы у озера Маркаколь, пересекающая Чёрный Иртыш – -20°С и отклонение 15 °С (окончательно -35 °С); от западной границы ВКО до полос с температурой -30 °С и -20 °С среднемесячная температура -15 °С и отклонения в южной части полосы 15 °С (окончательно -30 °С), в Усть-Каменогорске и до северной границы отклонение 20 °С (окончательно -35 °С). Таким образом, принимая расчётную отрицательную температуру в месте установки мачты, подбирается конструкция и материал для мачты с учётом норм (КазНИИСА, 2016i; КазНИИСА, 2016j; КазНИИСА, 2016k; КазНИИСА, 2016l; КазНИИСА, 2016m).

С учётом перечисленных факторов подбирается конструкция мачты для заказа предприятиям-поставщикам или разрабатывается проект мачты, которая изготавливается соответствующими предприятиями-изготовителями.

Нормы (КазНИИСА, 2016e) подразделяют сооружения для размещения и эксплуатации телекоммуникационного оборудования и оборудования сотовой радиотелефонной связи, для метеорологических систем и наблюдений (Компания «Пеленг», н.д.), для антенных сооружений (ТОО АСПМК-519, н.д.), для освещения, для линий электропередач на мачты и башни, которые еще называют опорами (опоры ЛЭП). Башня

(опора) – свободно стоящая консольная стальная решетчатая конструкция. Мачты имеют ствол по типу башен и оттяжки, удерживающие ствол от поворота относительно фундамента. Чаще всего башни (опоры) устанавливают большей высоты и под большие нагрузки, чем мачты.

Стволы мачт представляют собой трубную (вертикальная труба) или решетчатую (пространственная ферма) конструкцию (рис. 1). По нормам (КазНИИСА, 2016е) для элементов мачт и башен применяется классификация сечений по стандарту (КазНИИСА, 2016j). Для мачт в основном применяются круглые сечения (трубы стволов), а также трубы или уголки для элементов решетчатых мачт. Поперечные сечения решетчатых мачт выполняют треугольными или квадратными. Материал стволов мачт – сталь или алюминий, оттяжек – канаты (троса). Стволы мачт могут быть телескопическими (выдвижными из нижней секции) и секционными, когда секции высотой 2-3 метра соединяются при монтаже с помощью фланцевых соединений. Секции ферм выполняют на болтах или сварными. Материал канатов оттяжек принимают по нормам (КазНИИСА, 2016m; КазНИИСА, 2016n). Мачты, на которые устанавливается аппаратура с поверхности земли, оборудуются поворотной частью для опускания приборов и их технического обслуживания. Наличие на одной из граней решетчатой ферменной мачты ступеней позволяет использовать ствол мачты, как лестницу, для подъема аппаратуры или технического обслуживания на высоте. Оттяжки предотвращают горизонтальное перемещение мачты, закреплением их на отдельных ярусах и устройством закапываемых или забивных якорей, служащих фундаментами.

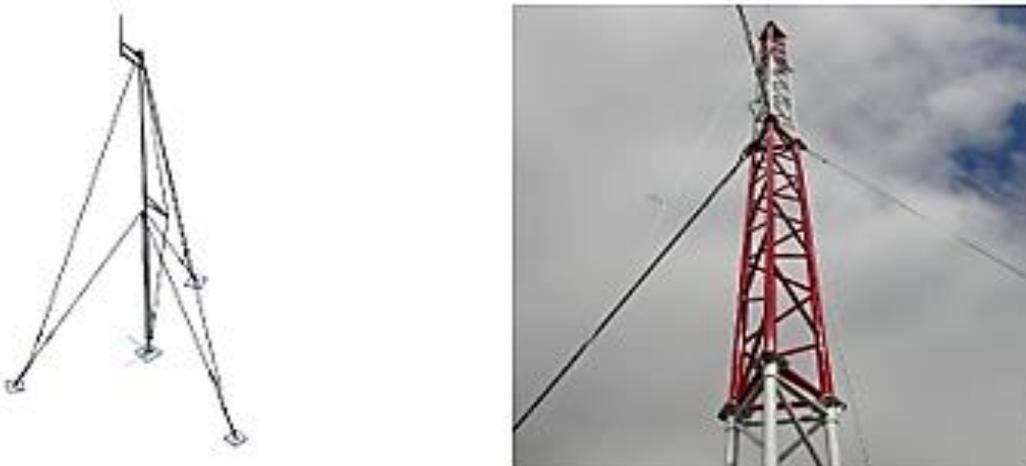


Рисунок 1. Типы мачт: слева – трубная; справа – ферменная конструкция

Примечание – составлено автором

Результаты исследований. По данным исследований условий мониторинга лавиноопасных участков ВКО принято решение по установке мачт высотой 6-9 метров. Максимальная вертикальная нагрузка на мачту от оборудования, устанавливаемого наверху мачты, составляет в пределах 40-50 кг, нагрузка от персонала 150 кг. Мачты для мониторинга снежных лавин, в отличие от других мачт, устанавливаемых на участках, имеющих свободный доступ техники, устанавливаются на горных склонах, что создает определенные трудности в доставке и монтаже конструкции. Поэтому принимаются мачты секционной сборки.

Достоинства ферменной конструкции мачты:

- секционная конструкция позволяет сократить количество сборочных операций;
- секции разной длины позволяют добиться необходимой высоты мачты;
- установка таких конструкций не требует использования дорогостоящей спецтехники;
- монтаж осуществляется вручную (установка секции одну на другую с помощью ручного подъемника);
- не требуется выполнение работ на высоте, количество специалистов на монтаж минимальное.

Выбор типа конструкции для мачты системы мониторинга лавин зависит от методики прогнозирования схода лавин (измеряемых величин и необходимого оборудования).

Основные причины для выбора ферменной конструкции:

- прочность и устойчивость: ферменные конструкции известны своей прочностью и способностью выдерживать экстремальные погодные условия, такие как сильные ветра, снеговые нагрузки и температурные колебания, что крайне важно в горных условиях;
- легкость конструкции: фермы обычно легче полнотелых столбов, что упрощает их транспортировку и установку в удаленных или труднодоступных горных районах;
- модульность и адаптируемость: ферменные мачты могут быть разработаны таким образом, чтобы быть модульными и легко адаптируемыми под различные виды оборудования для мониторинга, включая камеры, датчики движения, метеорологические приборы и т.д.;
- экономическая эффективность: ферменные конструкции часто более экономичны в производстве и установке по сравнению с другими типами мачт, что делает их выбор предпочтительным, особенно при ограниченном бюджете;
- хорошая аэродинамика: ферменные конструкции обычно имеют меньшее сопротивление ветру, что уменьшает риск их повреждения или опрокидывания во время сильных ветров или бурь.

Заключение. В целом, ферменная конструкция является оптимальным выбором для мониторинговой мачты схода лавин, учитывая ее прочность, устойчивость к экстремальным погодным условиям, а также гибкость в использовании различного оборудования для мониторинга.

Для III районов по ветровым, снеговым, гололёдным нагрузкам, расположенных на территории ВКО, может быть принята алюминиевая (материал АМГ5н) трехгранная (пространственная ферма) секционная мачта модели СТ-А3Т с эксплуатационными пределами по температуре от -60 °С до +50 °С и по максимальной нагрузке 400 кг. Длина секции составляет 3 метра, длина ребра секции – 400 мм. Мачта имеет блок-подъемник для подъема аппаратуры. Три оттяжки устанавливаются в углах треугольного поперечного сечения мачты и располагаются равномерно через 120°. Радиус оттяжек составляет 3,6 м. Для других районов конструкции мачт будут согласовываться с изготовителями.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. В статье представлены результаты научных исследований, полученные в ходе реализации научно-технической программы на тему: «Исследование лавинной активности в Восточно-Казахстанской области для разработки систем мониторинга и научного обоснования их размещения» (ПЦФ BR21882022) в рамках программно-целевого финансирования.

Список литературы

- КазНИИСА. (2016а). Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки (СП РК EN 1991-1-3:2004/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан. //

- KazNIISA. (2016a). *Vozdejstviya na nesushchie konstrukcii. CHast' 1-3. Obshchie vozdejstviya. Snegovye nagruzki* (SP RK EN 1991-1-3:2004/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016b). *Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки* (НП к СП РК EN 1991-1-3:2003/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан // KazNIISA. (2016b). *Vozdejstviya na nesushchie konstrukcii. CHast' 1-3. Obshchie vozdejstviya. Snegovye nagruzki* (NP k SP RK EN 1991-1-3:2003/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016с). *Основы проектирования несущих конструкций* (СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан. // KazNIISA. (2016с). *Osnovy proektirovaniya nesushchih konstrukcij* (SP RK EN 1990:2002+A1:2005/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016d). *Основы проектирования несущих конструкций* (НП к СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан. // KazNIISA. (2016d). *Osnovy proektirovaniya nesushchih konstrukcij* (NP k SP RK EN 1990:2002+A1:2005/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016е). *Проектирование стальных конструкций. Часть 3-1. Башни, мачты и дымовые трубы: башни и мачты* (СП РК EN 1993-3-1:2006/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан // KazNIISA. (2016е). *Proektirovanie stal'nyh konstrukcij. CHast' 3-1. Bashni, machty i dymovye truby: bashni i machty* (SP RK EN 1993-3-1:2006/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016f). *Проектирование стальных конструкций. Часть 3-1. Башни, мачты и дымовые трубы: башни и мачты* (НП к СП РК EN 1993-3-1:2006/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан. // KazNIISA. (2016f). *Proektirovanie stal'nyh konstrukcij. CHast' 3-1. Bashni, machty i dymovye truby: bashni i machty* (NP k SP RK EN 1993-3-1:2006/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- Елеуова, К.Т., Баймагамбетов, Б.О., Болатов, К.М., Болатова, А.А. (2016). *Районирование территории Казахстана по толщине стенки гололеда. Гидрометеорология и экология, №3, 7-18* // Eleuova, K.T., Bajmagambetov, B.O., Bolatov, K.M., Bolatova, A.A. (2016). *Rajonirovanie territorii Kazahstana po tolshchine stenki gololeda. Gidrometeorologiya i ekologiya, №3, 7-18*.
- КазНИИСА. (2016g). *Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия* (СП РК EN 1991-1-4:2005/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан // KazNIISA. (2016g). *Vozdejstviya na nesushchie konstrukcii. CHast' 1-4. Obshchie vozdejstviya. Vetrovye vozdejstviya* (SP RK EN 1991-1-4:2005/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016h). *Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия* (НП к СП РК EN 1991-1-4:2005/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан // KazNIISA. (2016g). *Vozdejstviya na nesushchie konstrukcii. CHast' 1-4. Obshchie vozdejstviya. Vetrovye vozdejstviya* (NP k SP RK EN 1991-1-4:2005/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2017a). *Строительство в сейсмических зонах* (СП РК 2.03-30-2017). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан. // KazNIISA. (2017a). *Stroitel'stvo v seismicheskikh zonah* (SP RK 2.03-30-2017). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2017b). *Строительная климатология* (СП РК 2.04-01-2017). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан // KazNIISA. (2017b). *Stroitel'naya klimatologiya* (SP RK 2.04-01-2017).

- Комитет по делам строitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016i). Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий (СП РК EN 1993-1-1:2005/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан. // KazNIISA. (2016i). Proektirovanie stal'nyh konstrukcij. CHast' 1-1. Obshchie pravila i pravila dlya zdaniy (SP RK EN 1993-1-1:2005/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016j). Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий (НП к СП РК EN 1993-1-1:2005/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан. // KazNIISA. (2016j). Proektirovanie stal'nyh konstrukcij. CHast' 1-1. Obshchie pravila i pravila dlya zdaniy (NP k SP RK EN 1993-1-1:2005/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016k). Проектирование стальных конструкций. Часть 1-10. Ударная вязкость материала и прочностные свойства в направлении толщины проката (СП РК EN 1993-1-10:2005/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан. // KazNIISA. (2016k). Proektirovanie stal'nyh konstrukcij. CHast' 1-10. Udarnaya vyazkost' materiala i prochnostnye svojstva v napravlenii tolshchiny prokata (SP RK EN 1993-1-10:2005/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016l). Проектирование стальных конструкций. Часть 1-10. Ударная вязкость материала и прочностные свойства в направлении толщины проката (НП к СП РК EN 1993-1-10:2005/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан. // KazNIISA. (2016l). Proektirovanie stal'nyh konstrukcij. CHast' 1-10. Udarnaya vyazkost' materiala i prochnostnye svojstva v napravlenii tolshchiny prokata (NP k SP RK EN 1993-1-10:2005/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016m). Проектирование стальных конструкций. Часть 1-11. Проектирование конструкций со стальными элементами, работающими на растяжение (СП РК EN 1993-1-11:2006/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан // KazNIISA. (2016m). Proektirovanie stal'nyh konstrukcij. CHast' 1-11. Proektirovanie konstrukcij so stal'nymi elementami, rabotayushchimi na rastyazhenie (SP RK EN 1993-1-11:2006/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- КазНИИСА. (2016n). Проектирование стальных конструкций. Часть 1-11. Проектирование конструкций со стальными элементами, работающими на растяжение (НП к СП РК EN 1993-1-11:2006/2011). Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан. // KazNIISA. (2016n). Proektirovanie stal'nyh konstrukcij. CHast' 1-11. Proektirovanie konstrukcij so stal'nymi elementami, rabotayushchimi na rastyazhenie (NP k SP RK EN 1993-1-11:2006/2011). Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Ministerstva natsional'noi ehkonomiki Respubliki Kazakhstan.
- Компания «Пеленг». (н.д.). Метеорологические системы и оборудование. <https://peleng.by/products/meteorology>. // Kompaniya «Peleng». (n.d.). Meteorologicheskie sistemy i oborudovanie. <https://peleng.by/products/meteorology>.
- ТОО АСПМК-519. (н.д.). Каталог продукции. Антенно-мачтовые сооружения. https://aspmk-519.kz/images/katalogs/catalogs_amsru2016.pdf. // TOO ASPMK-519. (n.d.). Katalog produkcii. Antenno-machtovye sooruzheniya. https://aspmk-519.kz/images/katalogs/catalogs_amsru2016.pdf.

Information about authors

D. Dogadkin – D. Serikbayev EKTU, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: DDogadkin@ektu.kz +7(705)2502300

V. Shevlyakov – Candidate of Technical Sciences, D. Serikbayev EKTU, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: shevlyakovvf08@mail.ru

D. Kaliyev – D. Serikbayev EKTU, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: daniyar.1996.samarka@gmail.com

N. Denisova – Candidate of Physics-mathematical Sciences, D. Serikbayev EKTU, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: NDenisova@edu.ektu.kz

I. Denisov – D. Serikbayev EKTU, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: apraximacia@mail.ru
