

УДК 712.27:581.1

ЮКИДЗУРИ В ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЕ: БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ПРАКТИКА ЗИМНЕЙ ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

**Азеева И.В., специалист декоративного растениеводства,
благоустройства и озеленения территорий, преподаватель, тел.
+7 926 572-10-38, azeyeva@mail.ru**

**Голомолзин Р.С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
тел. +7 968 765-38-41, grs-16@ya.ru**

АНО ДПО «Международная Академия Топиарного Искусства»

***Ключевые слова:** юкидзури, фуюгакои, снеговая нагрузка, биомеханика древесных растений, ниваки, ландшафтная архитектура, зимняя защита древесных растений.*

В статье рассмотрено юкидзури как японская система зимней защиты древесных растений. На основе данных по биомеханике ветвей, свойствам снежной нагрузки и материалов по японскому садовому искусству показаны конструктивные, физиологические и композиционные основания применения юкидзури в объектах ландшафтной архитектуры и практике формирования ниваки.

Введение. Продолжительный зимний период в центральной России с обильными снегопадами и высоким уровнем снежного покрова влияет на визуальное восприятие садового пространства. Снег становится активным участником композиции, подчеркивая архитектуру крон и объемы посадок. Многоствольные деревья, стелющиеся хвойные, куртины из лиственных кустарников, топиарные формы, живые изгороди, а также деревья, сформированные в стиле ниваки с «облачными» формами (садовый бонсай), у которых естественная архитектура кроны изменена обрезкой, оттяжками, лигатурой или другими приемами формирования, особенно чувствительны к снеговой нагрузке. Снежные массы накапливаются на ветвях и создают дополнительную нагрузку, проверяя их на прочность. Последствия таких воздействий чаще всего приводят к изломам,

необратимым деформациям, а при постоянных повреждениях и к гибели ценных экземпляров, которые создавались несколько лет.

В ландшафтной архитектуре зимняя устойчивость древесных растений имеет важное композиционное значение. Повреждения кроны нарушают художественный облик ландшафтного объекта, искажают авторскую идею и требуют многолетнего восстановления формы.[6]

В российской садоводческой практике для защиты растений от снега традиционно применяются укрытие спанбондом, теневой сеткой, мешковиной и сооружение конструкций из деревянных брусков. Эти методы, несмотря на всю свою практичность и экономическую доступность, полностью исключают древесные растения из зимней садовой картины. Сад теряет свою эстетическую составляющую на целых шесть месяцев.

Альтернативным подходом, не разрушающим эстетику сада зимой, является японская традиция установки уникальных инженерных конструкций. История этой традиции возникла в период ЭДО (1603–1868 гг.), когда в северо-западных регионах острова Хонсю в горных районах, известных своими фруктовыми садами, стали использовать шест и веревки для подвешивания ветвей, чтобы защитить их от разлома в период обильных снегопадов. В конце 19-го века эта идея была усовершенствована японскими садовниками для использования в качестве защиты хвойных пород и распространилась по всей стране [2][3]. Эти методы объединяются под общим названием 冬囲い «фуюгакои» в переводе с японского «зимняя защита» [1][2]. Наиболее выразительной и сложной разновидностью стала система 雪吊り в переводе с японского «подвешивание снега», которая в профессиональной литературе чаще передается как юкидзури (yukizuri). Это система поддержки ветвей с помощью канатов, натянутых от центрального шеста, от соседних опор или непосредственно от ствола, при этом сохраняется высокая эстетическая составляющая сада. Классические примеры сохранились в садах Кэнрокуэн (Канадзава), Рикугиэн (Токио), Коракуэн (Окаяма). Установка юкидзури в садах Кэнрокуэн ежегодно происходит в начале ноября и стала признанным символом наступления зимы в Японии, привлекая тысячи посетителей (рис.1)[2][8][9].



Рисунок 1 - Сад Кэнроку-эн в городе Канадзава, Япония

Цель этой работы обосновать применение юкидзури как средства зимней защиты древесных растений в ландшафтной архитектуре. Продемонстрировать как можно осмысленно проектировать конструкции на основе биомеханических параметров конкретных растений в климатических условиях Центральной России и Подмосковья. Провести анализ характера снеговой нагрузки с оценкой факторов риска для ветвей, а также сформулировать практические рекомендации по применению юкидзури на основе авторских наблюдений.

Материалы и методы. Работа основана на комплексном анализе источников из области биомеханики растений, физиологии и анатомии древесных пород, практики японского садово-паркового искусства, исследований японских специалистов в области ландшафтной архитектуры, а также на авторских полевых наблюдениях и практических разработках.

Снеговая нагрузка и устойчивость ветвей. Для оценки риска повреждений принципиально важно различать не только высоту снежного покрова, но и его физическое состояние. Свежий сухой снег сравнительно легкий и часто сдувается ветром или осыпается с кроны. Влажный и мокрый снег обладает значительно большей плотностью,

лучше удерживается на поверхности коры и хвои, создавая существенно более высокую нагрузку (рис.2).



Рисунок 2 - Характер снежной нагрузки на ветви деревьев

По данным Nykänen et al. (1997) (цит. по: Jackson, 1977), мокрый снег увеличивает нагрузку на ветви в 3,1 - 4,5 раза, а изморозь - в 7,2 - 11,7 раза относительно массы незагруженной свежей ветви. Моделирование Peltola et al. (1997) показывает, что критический порог разрушения для ели обыкновенной и сосны обыкновенной высотой 12 м (соотношение высоты/диаметра 1:120) на опушке достигается при снеговой нагрузке около 60 кг/м² (рис.2) [4][5].

Наиболее опасными для декоративных древесных форм являются периоды температурных переходов через 0 °С (заморозки и оттепели), снег с дождем и последующее подмерзание, так как это не только увеличивает массу осадков, но и меняет модуль упругости самой древесины.

Биомеханический анализ структурной устойчивости ветвей под снеговой нагрузкой. В рамках биомеханического анализа ветвь дерева классифицируется как консольная балка с жестким закреплением у основания ствола и свободным концом. Внешнее воздействие в зимний период описывается как равномерно распределенная снеговая нагрузка (q), вектор силы которой направлен вертикально вниз, вызывая изгибающий момент $M(x)$ и вертикальный прогиб (рис.3).

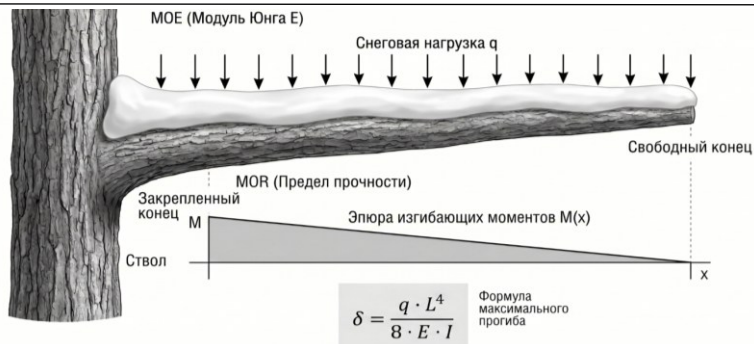


Рисунок 3 - Биомеханическая модель ветви под снеговой нагрузкой

Нагрузочная способность системы напрямую зависит от плотности и адгезии снежного покрова. В то время как сухой снег характеризуется низкой массой и подвержен эрозии ветром, мокрый снег и ледяной налет создают критическую статическую нагрузку, увеличивая внутренние напряжения в тканях древесины.

Реакция ветви на нагрузку определяется внутренними характеристиками древесины, основными из которых являются МОЕ (Жесткость) и MOR (Прочность) [5][6].

МОЕ (Modulus of Elasticity) - модуль упругости. Этот показатель эквивалентен модулю Юнга (E) и определяет жесткость материала. Чем выше модуль упругости древесины, тем меньше ветвь будет прогибаться под тяжестью снега при прочих равных условиях. Если после исчезновения нагрузки (таяния снега) ветвь возвращается в исходное состояние, значит, напряжения не вышли за пределы упругости, определяемые этим модулем.

MOR (Modulus of Rupture) – модуль разрушения при изгибе. MOR определяет максимальную прочность ветви при изгибе (насколько низко опустится конец ветви) и точку, в которой происходит катастрофическое разрушение (перелом).

Если напряжение в древесине у основания ветви превысит значение MOR, произойдет перелом. Таким образом, MOR определяет «выживаемость» ветви под экстремальной нагрузкой.

Изгибающий момент $M(x)$ достигает своего максимума в месте крепления ветви к стволу (закрепленный конец). Именно здесь внутренние напряжения наиболее велики.

В лесоводстве и биомеханике эти показатели часто используются вместе: дерево может иметь высокий МОЕ (быть очень жестким), но низкий MOR (быть хрупким), что приведет к перелому при резком порыве ветра или налипании тяжелого снега.

Геометрия и слабые места. С точки зрения биомеханики наибольшему риску подвержены *длинные горизонтальные ветви*. Из-за физики «рычага» даже небольшое удлинение ветви (рост L) при формировании ниваки колоссально увеличивает риск прогиба и поломки у основания.

Напряжение концентрируется чаще всего не посередине ветви, а в «слабых местах»: в развилках с включенной корой (V-образные соединения), в зонах старых спилов, или скрытых повреждений [10].

Смещение массы снега к периферии кроны значительно увеличивает плечо силы, что делает ветви, сформированные обрезкой как длинные и поникающие, более уязвимыми по сравнению с короткими и восходящими природными формами.

Если ветвь длинная, а древесина хрупкая, то установка опор или растяжек обязательна для сохранения формы и жизни дерева.

Оценка необходимости установки поддерживающих конструкций юкидзури должна основываться на совокупности факторов: типе осадков, возрасте дерева, длине его ветвей, архитектонике кроны и наличии видимых дефектов строения.

Формованные кроны и риск снеголома. Формованные деревья отличаются от естественно растущих не только внешним обликом, но и распределением нагрузок внутри кроны. У ниваки из сосен целенаправленно создаются горизонтальные плоскости, удлиненные ветви, асимметрия, разреженные «окна» и выразительные ярусы. С художественной точки зрения это усиливает образ, но с биомеханической - увеличивает плечо нагрузки и уменьшает естественную способность кроны сбрасывать снег.

В условиях мокрого снега такие ветви особенно уязвимы. Масса снега удерживается на конце и в средней части ветви, а зона максимального напряжения смещается к основанию и развилкам [5][6].

По совокупности наблюдений сосны ниваки следует рассматривать как группу, для которой установка юкицури в снежных регионах должна быть обязательной сезонной мерой.

Для других декоративных древесных растений решение должно приниматься дифференцированно. Если растение сохраняет короткие восходящие ветви и не имеет длинных плоских ярусов, риск снеголома может быть существенно ниже. Таким образом, определяющим фактором является не только вид, но и фактическая конструкция кроны (рис.4,5).



**Рисунок 4 - Юкидзури.
Подмосковье, март 2026.
Работа Азеевой И.В.**



**Рисунок 5 - Юкидзури после
установки. Подмосковье 2025г.
Работа Азеевой И.В.**

Юкидзури как практические средства защиты. Наряду с классическими типами юкидзури существуют и другие формы конструкций в виде каркасов из бамбуковых или деревянных шестов. (рис.6,7) [1][8].

Защитные каркасы целесообразны для тех растений, где опасность связана не только с изгибом отдельных ветвей, но и с общим навалом снега на крону. Такие решения особенно полезны для

кустарников, низких древесных форм и молодых растений, у которых нежелательно локальное перетягивание побегов.



Рисунок 6 - Конструкция зимней защиты низких посадок «бамбуковый навес», п а л и с а д н и к о т е л я Sapporo Park Hotel Фото: hitoshi-kobayashi, 7 декабря 2021г., г. Саппоро, Япония [11]



Рисунок 7 - Конструкции юкигакои в переднем дворе отеля Sapporo Park Hotel и часовни Park Chapel, район Тюо, г. Саппоро, Хоккайдо, Япония. Фото: hitoshi-kobayashi, 7 декабря 2021 г [11]

В практике частных садов выбор между юкидзури и конструкций в виде каркасов следует делать по архитектонике растения, а не только по традиции применения. В них сочетаются функциональность и эстетика, а также присутствует отчетливо японский колорит.

Физиологические ограничения при установке защитных конструкций

Отдельное внимание уделено ниваки из сосен. В зависимости от выбранного мастером стиля, наличие длинных горизонтальных ветвей, изогнутых стволов, лигатуры и других элементов художественного формирования повышают уязвимость к снеговой нагрузке. На основании данных, полученных в результате исследований японских специалистов [1] и по авторским полевым наблюдениям 2024–2026 гг. на объектах в частных садах, практически установлено, что юкидзури для сосен ниваки, особенно с «облачным» стилем (садовый бонсай) и лигатурным способом формирования, следует рассматривать как обязательную сезонную меру. Для других декоративных древесных

растений необходимость защиты зависит от архитектуры кроны, длины ветвей и региональных снеговых условий [1].



Рисунок 8 - Разные типы юкигакои (Бамбуковые подставки для стягивания и подвешивания), Подмоскowie, 2026, работа Азеевой И.В.



Рисунок 9 - Юкигакой «бамбуковый каркас», наверху гассё-гате (сложенные ладони), внизу такемата-цури (подвес). Подмоскowie, зима/весна 2026, работа Азеевой И.В.

Выбирая способ зимней защиты, специалисту по установке следует обратить особое внимание на стяжки, которые контактируют с корой и наружными тканями стебля. Неудачный подбор материала или

чрезмерное натяжение может вызывать локальное сдавление коры. Для древесных растений это важно потому, что в зоне коры и флоэмы проходят процессы транспорта ассимилятов и поддержания жизнеспособности тканей [7].

Традиционные японские узлы, применяемые при установке юкицури, имеют как технологическое, так и биомеханическое значение. В классических конструкциях используются соломенные, пальмовые и другие натуральные верёвки, которые изменяют свои свойства под влиянием влажности и температуры и это так же необходимо учитывать при монтаже.



**Рисунок 10 - Джутовая веревка после зимовки, Подмосковье 2026.
Работа Азеевой И.В.**

При намокании волокна могут разбухать, менять длину и жесткость, а при высыхании - частично сокращаться и по-иному перераспределять натяжение в системе [1]. Поэтому узлы в юкидзури решают две разные задачи: в одних местах они должны обеспечивать возможность контролируемой подтяжки и повторной регулировки натяжения, в других - жёстко фиксировать опору, ветвь или рабочую петлю, исключая люфт, смещение и перетирание коры в точке контакта.

По наблюдениям автора, установлено, что во избежание локального сдавления тканей коры и флоэмы в практике зимней защиты предпочтительны веревки из натуральных материалов и корректно подобранные узлы с контролируемым натяжением. С практической

точки зрения регулируемые узлы целесообразны там, где необходимо компенсировать сезонное изменение длины натуральной веревки и постепенно корректировать усилие без полной перевязки конструкции. Жестко фиксирующие узлы, напротив, важны в тех участках, где любое микродвижение приводит к трению об кору, раскачиванию ветви или ослаблению всей схемы поддержки. При неправильном выборе узла даже качественный материал может работать неблагоприятно: ослабление натяжения увеличивает провисание и смещение ветви, а чрезмерная локальная фиксация или постоянное трение повышают риск повреждения коры и проводящих тканей.



Рисунок 11 - Базовые узлы для юкидзури. Фото Азеевой И.В.

С этой точки зрения традиционная система узлов должна рассматриваться как часть защитной конструкции, а не как второстепенный приём монтажа.

Практический вывод: критерии необходимости установки юкидзури.

Специалист ниваки должен оценивать необходимость поддержки юкидзури по следующим показателям:

- **Форма.** Длинные, горизонтально сформированные или поникающие лапы
- **Порода.** Соотношение гибкости (MOE) и хрупкости (MOR) конкретного дерева
- **Здоровье.** Наличие трещин, сучков и дефектов в развилках
- **Климат.** Вероятность налипания тяжелого мокрого снега

Практические рекомендации для объектов ландшафтной архитектуры.

Для частных и общественных садов со снежной зимой юкидзури следует рассматривать как практические средства зимней защиты древесных растений, основанные на перераспределении снеговой нагрузки и снижении риска снеголома. Наибольшую опасность для крон представляют влажный и мокрый снег, а также ледяные образования, поскольку их масса и сцепление с ветвями значительно выше, чем у сухого снега.

Риск повреждения определяется не только видом растения, но и архитектурой кроны, длиной и положением ветвей, возрастным состоянием дерева и наличием локальных дефектов древесины. Для сосен ниваки в снежных регионах установка юкидзури должна рассматриваться как обязательная сезонная мера. Для остальных декоративных древесных растений необходимость защиты определяется индивидуально, в зависимости от сформированной структуры и формы растения и местных зимних условий.

При установке юкидзури важно учитывать не только механическую, но и физиологическую сторону вопроса. Жесткие и узкие стяжки, неудачно подобранные узлы и постоянный люфт в точке контакта способны вызывать локальное повреждение тканей, поэтому в качественной практике предпочтительны мягкие материалы, распределенный контакт, контролируемое натяжение и конструктивно оправданный выбор узлов.

Увеличивающийся запрос на установку юкидзури, переводит эти инженерные конструкции из сферы декоративной традиции в плоскость профессионального ухода за древесными растениями и делает обоснованным инструментом ландшафтной архитектуры, сохраняя эстетическую привлекательность садового пространства в зимний период, когда особенно не хватает декоративности.

Библиографический список:

1. Oomura M., Kishizuka M. A structural analysis of "YUKIZURI" // Journal of the Japanese Institute of Landscape Architecture (ランドスケープ研究). - 2004. - Vol. 67, No. 5. - P. 461-464. - DOI: 10.5632/jila.67.461
2. Kinomemocho, «北国の冬囲いと雪囲い» [«Зимнее ограждение и снежное ограждение в северных регионах»]. [Электронный ресурс]. -

URL: https://kinomemocho.com/sanpo_fuyugakoi.html (дата обращения: 20.04.2026)

3. Cannell M.G.R., Morgan J. Branch breakage under snow and ice loads // *Tree Physiology*. - 1989. - Vol. 5, No. 3. - P. 307-317. - DOI: 10.1016/S0378-1127(97)00037-6.

4. Nykänen M.-L., Peltola H., Quine C.P., Kellomäki S. & Broadgate M. 1997. Factors affecting snow damage of trees with particular reference to European conditions. *Silva Fennica* 31(2): 193–213. - DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.a8519>.

5. Mattheck C., Kubler H. *Wood - The Internal Optimization of Trees*. - New York: Springer -Verlag, 1995. - 131 p. - (Springer Series in Wood Science) - DOI: 10.1007/978-3-642-61219-0.

6. Niklas K.J., Spatz H.-C. *Plant Physics*. - Chicago: University of Chicago Press, 2012. - 448 p.

7. Kozlowski T.T., Pallardy S.G. *Physiology of Woody Plants*. — 2nd ed. — San Diego: Academic Press, 1997. - 411 p.

8. Nippon.com. Yukizuri: A Traditional Technique for Protecting Trees in Winter [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.nippon.com/en/guide-to-japan/es00055/> (дата обращения: 20.04.2026)

9. Kenrokuen Garden. Official website - Snow hanging work [Электронный ресурс]. - URL: <https://kenrokuen.or.jp/seasons/november/> (дата обращения: 20.04.2026)

10. Dahle G.A., James K.R., Kane B., Grabovsky J.C., Detter A. A Review of Factors That Affect the Static Load-Bearing Capacity of Urban Trees // *Arboriculture & Urban Forestry*. - 2017. - Vol. 43, No. 3. - P. 89-106.

11. Kobayashi H. 街角美術館美しいと思いました。雪囲い。

札幌パークホテル前庭 [Электронный ресурс] // *ワイン好きの料理おたく 雑記帳: блог*. - 2021. - 7 декабря. - URL: <https://asabu001.exblog.jp/32512996/> (дата обращения: 05.05.2026).

**YUKIZURI IN LANDSCAPE ARCHITECTURE:
BIOMECHANICAL JUSTIFICATION AND PRACTICE OF
WINTER PROTECTION OF WOODY PLANTS**

Azeeva I.V., Golomolzin R.S.

ANPO APE «International Academy of Topiary Art», Moscow

Keywords: *yukizuri, fuyugakoi, snow load, biomechanics of woody plants, niwaki, landscape architecture, winter protection of woody plants.*

The article examines yukizuri as a Japanese system of winter protection for woody plants. Based on data on branch biomechanics, snow load properties and Japanese garden art, the structural, physiological and compositional foundations for the application of yukizuri in landscape architecture objects and niwaki formation practice are substantiated.