

блюдением технологических требований на стадии изготовления, транспортировки, монтажа и эксплуатации конструкций.

Строительные конструкции с применением древесины также имеют ряд достоинств, среди которых следует выделить такие, как экологичность, прочность, легкость, низкая теплопроводность, химическая стойкость и радиопрозрачность. Размер клееных деревянных конструкций также может превышать 6-6,5 м, что значительно больше размеров стандартных пиломатериалов. Склеивание как неподвижное соединение позволяет получить несущую часть высокой жесткости и стабильности форм. Это позволяет использовать древесину в тех случаях, когда применение других материалов по той или иной причине не представляется возможным.

В настоящее время деревянные конструкции с успехом эксплуатируют на открытом воздухе, в агрессивных средах, в условиях повышенной влажности и даже в условиях повышенной пожарной опасности (автозаправочные станции).

Защитное покрытие конструкций может либо сохранять и подчеркивать природный цвет, текстуру и красоту дерева, либо скрывать, создавая имитацию других материалов, таких как камень, бетон или металл (галерея на Лиговском проспекте в Санкт-Петербурге).

Учитывая все вышесказанное, имеет смысл отдавать предпочтение клеедеревянным конструкциям в проектировании и строительстве.

УДК 621.9.011: 517.962.1

МКЭ-МАДЭЛЯВАННЕ ПЕРАНАПРУЖАННЯ БІЯМЕХАНІЧНЫХ СТРУКТУРЫ НА ТЭРЫТОРЫІ УНІВЕРСІТЭЦКАГА КАМПУСА

Доўнар С.¹, Мішчанка К.¹, Дроўжжа А.¹, Працко М.¹, Якубоўскі А.²

¹Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт

²Марскі ўніверсітэт Шчэцін

Анацыя. *МКЭ даследаванне абвалу галіны прадугледжана для велізарнага здаровага каштана. Мяркуецца, што моцны вецер (24 м / с). Такім чынам, мадэляванне мае як інжынерна-так метадычнае значэнне для паляпшэння МКЭ-навучання студэнтаў. Геаметрыю аднавілі фатаграфіі і эскізы. У яго ўваходзяць карані, ствол, галіна і ўмоўная крона. Статычнае мадэляванне прадстаўляецца як у лінейнай, так і ў геаметрычна нелінейнай.*

Галіна падвяргаецца выгібу пры ўмеранай частцы скручвання. Уздоўж філіяла адзначаецца практычна раўнамернае размеркаванне напружання. Там няма стрэсавых канцэнтратараў. Злучэнне ствала-галіны дастаткова ўстойлівае і самааптымлізаванае. Addзяленне вырасла пры рэалізацыі ідэі "кансолі роўнай трываласці". Трансфармацыя галіны забяспечвае пастаянны ўзровень напружання ўздоўж галіны. Калатс выкліканы моцным выпадковым парывам ветру. Працоўнае напружанне ўздоўж асноўнай часткі галіны ўдвая перавысіла дапушчальны ўзровень (16 МПа).

Дрэва трэба браць за прыклад эфектыўнай біянічнай канструкцыі для апорнай сістэмы. Мадэляванне пацвярджае эффект самаўмацавання падчас росту дрэў. Мадэляванне дрэў можа быць метадалагічна карысным. Гэта зразумела і цікава студэнтам.

Ключавыя словы: *МКЭ, біямеханіка, дрэва, галіна, вецер, перагрузка, парэпанне дрэва, біяніка.*

На мяжы ўніверсітэцкага гарадка БНТУ знаходзіцца група дрэў. Гэта каштаны. Дрэва 1 стала аб'ектам мадэлявання. Уваходзіць у склад двухрадковых пасадак. У ветраны дзень абры-нулася велізарная галінка згаданага дрэва, што прывяло да матэрыяльнай шкоды. Паломка адбылася праз здаровыя, якасныя валокны дрэва на адлегласці ад стыку ствала-галіны. Дрэва застаецца стаяць і працягвае расці. Ветка мела развітую карону, супрацьстаяўшы ветру. Аднак на летнім горадзе не было буры.

Па дадзеных метэастанцыі (5 км ад кампуса), хуткасць ветру была роўная толькі 12 м/с. Надвор'е лічыцца бурным, калі вецер перавышае 15 м/с.

Улады універсітэта прымаюць рашэнне расследаваць падзею краху. Былі сфарміраваны дзве групы: эксперты ў галіне вылічальнай дынамікі расходу (ВДГ-група) і аналітыкі апорных сістэм (АС-група). Апошняя група - міжнародны калектыў экспертаў і студэнтаў, аб'яднаных пад эгідай факультэта машынабудавання і кафедры "Тэхналагічныя машыны".

ВДГ-група забяспечыла камп'ютэрнае мадэляванне паветраных патокаў паблізу дрэва (0,3 км у раёне) і выявіла моцнае мясцовае ўзмацненне ветру. Высветлілася, што дрэва знаходзіцца ў цэнтры ўвагі двухколавага паветранага калектара. Шчыліну паміж будынкамі працягвае шчыліна ў двухрадным пасадцы перад дрэвам. Сумарна паўночна-ўсходні вецер паскарае над універсітэцкім стадыёнам і стварае ў шматлікіх бурных патоках са хуткасцю 24-25 м/с.

АС-група (аўтары гэтага артыкула) імітавала дрэва як апорную сістэму пад ціскам вет-ру. Значэнне ціску было здабыта з працэдуры ВДГ-групы. Тут ніжэй нармальнага ўзроўню ціску роўны $p_{\text{норм}} \wedge \text{ветру} = 380 \text{ Па}$. Мадэляванне паказала цікавыя вынікі ў двух галінах: інжынерыя біямеханічнай апорнай сістэмы і метадычнае ўдасканаленне навучання студэнтаў МКЭ.

Дрэва са зламанай галінкай вымералі садоўнікі і накіды адразу пасля мерапрыемства, у час адпачынку. Інфармацыя пра эскіз адносна малая. Менавіта таму члены АС-групы забяспечылі паралельнае 3D-мадэляванне таго ж дрэва, каб прынесці зменлівасць формаў і знізіць суб'ектыўнасць мадэлявання. Вобласць мадэлявання ахоплівае ствол дрэва, велізарную згорну-тую галінку і крону.

Сетка канчатковых элементаў звяртала асаблівую ўвагу на галіну і на стык галіны-ствала. Сама галінка была пераплецена шасціграннымі элементамі. Гэта прыносіць больш вы-сокую дакладнасць у крытычнай частцы мадэлі. Крона дрэва была прадстаўлена адзеленай сеткай з аб'ёмных канечных элементаў. Сеткі кароны і дрэва спалучаліся кантактнай парай.

Мадэляванне прадастаўлялася ў статычнай форме. Пакрокавая нагрузка і ўлік вялікіх перамяшчэнняў былі завершаны ў канцы мадэлявання ў якасці дадатковай праверкі. Зямля імітуецца як цвёрдая аснова. Ціск ветру раўнамерна размяркоўваецца па наветранай баку кароны. Сіла цяжару размяркоўваецца праз усе матэрыялы адпаведна іх шчыльнасці.

Раскрыта канцэнтрацыя максімальнага галоўнага напружання σ_1 , таму мінімальнага напружання σ_3 . На паверхні дрэў няма мясцовых канцэнтратараў напружання, разрываў, участкаў з высокім градыентам. Ніжняя частка галіны - адзінае месца з адносна вялікімі напружаннямі. Існуе паласа моцнага напружання ПМН. Гэта "нацягнутае валакно" ад класічнай тэорыі выгібу. Проста галінка з'яўляецца найбольш нацягнутай часткай дрэва. Адбываецца гэта ад накручанага далёка-далёкага стыку ствала-галіны. Ствол з'яўляецца злёгка напружаным прадметам.

Выява стрэсавых дэфармацый, паказаная вышэй, паказвае, што калапс галіны пад ціскам ветру $p_{\text{норм}} \wedge \text{вецер} = 380 \text{ Па}$ вельмі верагодны. Нелінейныя геаметрычныя эфекты ўзмацняюць дэфармацыю галіны і перагрузку. Вецер перамяшчае цэнтр масы кароны на пад-вешаны ход. Сіла цяжару пачынае ствараць згінальны момант адносна адпачынку ствала (экс-цэнтрычны сціск). У гэты момант яшчэ больш узнялі адхіленне кроны і галіны ад вертыкальнай восі. Было прадастаўлена параўнанне лінейных і нелінейных рашэнняў.

У апошнім выпадку верхняе зрушэнне кароны вырасла прыблізна ўдвая. Стрэсы ўздоўж ПМН і ПМЦ выраслі прыблізна за чвэрць. Нелінейныя эфекты не з'яўляюцца моцнымі для часткі ствала дрэва.

Такім чынам, бурны ціск ветру перагружае галінку дрэва аж да разбурэння. Гэта адбы-ваецца з вялікім адрывам вышэй дапушчальнага ўзроўню напружання. Уздоўж галіны няма канцэнтратараў і пашкоджаных месцаў, каб патлумачыць падзеі згортвання. Галіна павінна трапіць пад уплыў моцных момантаў выгібу і скручвання.

Інжынернае заключэнне:

1. Даследаваная галіна падвяргаецца падчас шторму ў асноўным, згінаючыся з нейкай часткай скручвання. Гравітацыйнае ціск не прыняло істотнага ўдзелу ў фарміраванні стрэсавага стану.

2. Вузкая паласа моцнага нацяжэння (ПМН) фармуецца з накруткай у ніжняй траціны галіны. З процілеглага процілеглага паласы моцнага ціску (ПМЦ) раскрываецца.

3. Моцныя напружання растуць роўна і раўнамерна толькі ўздоўж ПМН і ПМЦ ў ніжняй траціне галіны. Працоўнае напружанне і напружанне пры сціску дасягаюць 30-34 МПа для ўмеранай кароны. З вялікім запасам ён перавышае дапушчальнае напружанне (16 МПа). Для распрацаванай кароны напружанне ўзрастае да 67 МПа, часткова для эксцэнтрычнага дзеяння гравітацыі.

4. Уздоўж галіны няма канцэнтратараў напружання. Разбурэнне адбылося з-за моцнай перагрузкі. Прагназаванае напружанне на выгіб перавышае ўдвая дапушчальнае напружанне для каштана.

Методычныя выновы:

1. Універсітэцкае гарадок з'яўляецца часткай навакольнага асяроддзя, узаемадзейнічаючы са студэнтамі. Таму мадэляванне такога прадмета выклікае вялікую цікавасць у студэнтаў.

2. Галінка дрэва раптам стала добрай ілюстрацыяй ідэі «кансолі роўнай трываласці». Мадэляванне дрэў вучыць студэнтаў ствараць мадэлі апорных сістэм без канцэнтратараў напружання, у адпаведнасці з ідэямі біянічнага дызайну.

3. Студэнты-механікі звычайна ведаюць, што розныя развязкі звычайна з'яўляюцца найбольш напружанымі і пашкоджанымі месцамі ў машынах. Вузел ствала і галіны – контрпрымер. Ён паказвае патэнцыял узмоцнення біянічнага стылю.

УДК 624.21

СТРОИТЕЛЬСТВО ПЕРВОЙ ТРЕХУРОВНЕВОЙ ЭСТАКАДЫ В ГОРОДЕ ДУШАНБЕ

Исмоилов З.М., Ходяков В.А.

Белорусский национальный технический университет

Abstract. *The paper describes two landmark overpasses that are significant for their countries. These overpasses became the first of their kind three-level interchanges in the Republic of Tajikistan and the Republic of Belarus*

5 сентября 2018 года Лидер нации, уважаемый Президент Республики Таджикистан Эмомали Рахмон и Мэр города Душанбе Рустами Эмомали приняли участие в церемонии открытия первой в Таджикистане трёхуровневой автодорожной развязки.

Строительство развязки началось в сентябре 2016 года в рамках проекта «Улучшение состояния региональной автотрассы Душанбе-Турсунзаде, участка дороги от памятника Абуали ибн Сино до западных ворот города Душанбе». Проект китайской компании «Xinjiang Weixin Road & Bridge Group Co, Ltd. Данное сооружение должно было решить проблему пробок на пересечении проспектов Нусратулло Махсума и Гафурова, что находится в 82-м микрорайоне Душанбе (рис. 1).