



**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ**
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**



1
2025



Тахририят ҳайъати раиси:
СИДДИҚОВА С.Ғ. –

Бухоро муҳандислик-технология институти ректори

Муовини:

ЮЛДАШЕВ Н.Х. –

БухМТИ илмий ишлар ва инновациялар бўйича проректори

Тахрир ҳайъати:

МУҚИМОВ К.М. – ЎзР ФА академиги (ЎЗМУ)

ЖАЛИЛОВ А.Т. – ЎзР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

НЕГМАТОВ С.Н. – ЎзР ФА академиги (“Фан ва тараққиёт” ДУК)

БАҲОДИРОВ Ғ.А. – т.ф.д., профессор, ЎзР ФА бош илмий котиби

ХАМИДОВ О.Х. – иқтисод фанлари доктори, профессор (БухДУ)

ЖАЛИЛОВ Т.Қ. – иқтисод фанлари доктори (DSc) (ТКТИ)

МУХТАРОВ Н.Ш. – техника фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтегаз” АЖ)

ТУХСАНОВ Х.А. – иқтисод фанлари доктори (DSc) (“Ўзбекнефтегаз” АЖ)

МАДИЕВ Р.Х. – техника фанлари доктори (DSc) (“Шуртан ГКМ” МЧЖ)

АДИЗОВ Б.З. – техника фанлари доктори (DSc), к.и.х., ЎзРФА УНКИ

ХУРМАМАТОВ А.М. – техника фанлари доктори, профессор, ЎзРФА УНКИ

СОБИРОВА Н.К. – филология фанлари номзоди, доцент, ЎЗМУ

ҒАФУРОВ Д.О. – Бухоро МТИ ёшлар масалалари ва маънавий-маърифий ишлар бўйича биринчи проректори ф.ф.ф.д (PhD)

ҚУРБОНОВ Ж.М. – техника фанлари доктори, профессор (Самарқанд ИСИ)

САИДОВ С.Б. – Бухоро МТИ молия ва иқтисод ишлари бўйича проректори

ШАРИПОВ М.З. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

АСТАНОВ С.Х. – физика-математика фанлари доктори, профессор

РАХМОНОВ Х.Қ. – техника фанлари доктори, профессор

ВОХИДОВ М.М. – техника фанлари доктори, профессор

ЖЎРАЕВ Х.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

САДУЛЛАЕВ Н.Н. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВ Қ.Х. – техника фанлари доктори, профессор

ФОЗИЛОВ С.Ф. – техника фанлари доктори, профессор

ИСАБАЕВ И.Б. – техника фанлари доктори, профессор

АБДУРАҲМОНОВ О.Р. – техника фанлари доктори, профессор

НИЗОМОВ А.Б. – иқтисод фанлари доктори, профессор

ЖУМАЕВ М.Р. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ЮНУСОВА Г.С. – фалсафа фанлари доктори (DSc), профессор

ЖЎРАЕВА М.М. – филология фанлари доктори (DSc), профессор

ТЎХТАЕВА З.Ш. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.Ж. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ХАЙИТОВ Р.Р. – техника фанлари доктори (DSc), к.и.х.

БОЗОРОВ Ғ.Р. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

БОЛТАЕВ З.И. – физика-математика фанлари доктори (DSc), профессор

ОЛТИЕВ А.Т. – техника фанлари доктори, (DSc)

ЖАЛИЛОВ Р.Б. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАХМУДОВ М.И. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

МАЖИДОВА Н.Қ. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

АХМЕДОВ В.Н. – кимё фанлари номзоди, профессор

МАХМУДОВ Р.А. – техника фанлари доктори (DSc), профессор

ПУЛАТОВА М.И. – физика-математика фанлари номзоди, профессор

Бош муҳаррир:

ДЎСТОВ Ҳ.Б. – кимё фанлари доктори, профессор

Муҳаррирлар:

БАРАКАЕВА Д.Ф., ОРТИҚОВА С.Ж., ИСТАМОВА Г.Х.

Мусахҳишлар:

БОЛТАЕВА З.З., АРТИКОВА М.М.

ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТАРАҚҚИЁТИ

ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ

РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида 2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли гувоҳнома билан рўйхатга олинган

Муассис:

Бухоро муҳандислик-технология институти

Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг 2017 йил 29-мартдаги №239/5-сонли қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрлар рўйхатига киритилган. 2019 йилда Ўзбекистон Республикаси ОАК Раёсатининг қарорлари билан қайта рўйхатдан ўтказилган.

Тахририят манзили:
200100, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев кўчаси, 15-уй, Бухоро муҳандислик-технология институти
Тел: 0(365) 223-92-40
Факс: 0(365) 223-78-84
Электрон манзил:
E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан
<https://journal.bmti.uz/>
сайти орқали танишиш мумкин.

Ушбу журналда чоп этилган материаллар тахририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки қисман чоп этилиши мумкин эмас. Тахририятнинг фикри муаллифлар фикри билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин. Журналда ёритилган материалларнинг ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари ва реклама берувчилар масъулдирлар.

МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР	
Бибутов Н.С., Хожиев А.Х., Ҳабибов Ф.Ю. Балкани эгилишга синаш	4
Ataullayev Sh.N., To‘raqulova M.Q., Boboqulov F.B., Xamidov D.G‘. Neft va gaz zavodlaridan chiqayotgan mash‘ala gazlarini qayta ishlash texnologiyalasini takomillashtirish . . .	11
Xamzayev A.A., Xaydarov Sh.B., Usmonov M.Z., Niyetbaev A.D. Karyer bir cho‘michli ekskavatorlarining ish rejimlarini optimallashtirish	18
Ismailov M.A., Mannobjonov B.Z. Suv tozalash jarayonida mikroorganizmlarga ta‘sir qiluvchi asosiy faktorlar	24
Чулиев У.Х., Амонов М.Р. Разработка состава буровых растворов и изучение их реологических и эксплуатационных свойств	32
Sharibayev N.Y., Ibragimov A.T. Ipak salmog‘ini oshirish uchun ipak qurtlarini parvarishlashning zamonaviy yechimlari	35
Мухамедбаев А.А. Влажностные характеристики автоклавного газобетона	39
Jo‘rayev F.O‘., Umedova U.X., Axmedov Y.H., Mardonova S.M. Plug osti tovonini yumshatadigan chuquryumshatkich qurilmasining murakkab sirtli ishchi organining dala tajriba tadqiqotlari natijalari.	45
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Фозилов С.Ф., Зоирова А.И., Фозилов Ҳ.С. Табиий газдан МТО (метанолдан олефин) технологияси асосида қуйи олефинар олиш	50
Atoyev E.X., Sharipova N.O‘. Adgeziya xossalarini oxirgi plazmali mustahkamlash usulidan foydalanib o‘rganish	57
Eshdavlatova G.E., Kamolov L.S. Tabiiy gazlarni nordon komponentlardan aminli tozalashda ko‘piklanish sabablari va uning intensivligiga ta‘sir etuvchi omillar	61
Умурова Ш.Ш., Амонов М.Р., Амонова М.М. Изучение текстурных характеристик бентонитовых материалов	64
Axmedova Sh.U., Axmedova O.B. Gazlarni absorbsion tozalashda samarali absorbent kompozitsiyalar yaratish	68
Ataqulova D.D. Neft-gaz-suv muhiti korroziyasida aminonitrilli (MAD tipli) ingibitorlarning samaradorligini o‘rganish	72
Bobokulova M.Sh., Xodjamkulov S.Z. Effect of various factors on the synthesis of ion-exchange membranes and IR-spectral description of their structure with a fure converter . . .	78
To‘raqulova M.Q., Boboqulov F.B., Temirov A.H. “Vodorod sulfidi saqlagan nordon gazlarni utilizatsiyalashning samarali texnologiyasini ishlab chiqish”	84
Abdukarimov M.M., Maxmudov N.N., Yodgorov N. Gazkondensat konlarini ishlatishni sa-maradorligini oshirishda organik aminlar asosidagi korroziya ingibitorining ta‘sirini tadqiq etish	91
Abdukarimov M.M., Maxmudov N.N., Yodgorov N. Magistral neft va gaz quvurlarini vodorod sulfidli korroziyasiga ingibitorlarni ta‘sirini tadqiq etish	95
Tursunova F.J., Amonov M.R. Sanoat katalizatorlari chiqindilarini qayta ishlash	99
Муҳиддинов Б.Ф., Джалилов А.Т., Исроилов О.И., Ширинов Ш.Д. Сравнительный анализ набухаемости гидрогелей синтезированных на основе карбоксиметилцеллюлозы	105
Choriyev A.U., Mirzayeva S.K., Normurodov I.O‘., Izbasarova G.Sh. 4-xlorfenilxlor-atsetat asosida nukleofil almashinish reaksiyalarini tadqiq qilish.	110

МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА

Жалилов Р.Б., Караев А.Т., Камалов У.У. Исследование модернизации котельной АО «Бухараэнергомарказ»	117
Berdiev D.M., Abdullaev B.K., Abdullaev A.X., Kuziyev G.Sh. Yeyilishbardosh qoplama qoplash jarayonining termodinamik ko'rsatkichlarini hisoblash	125
Maxmudov M.I., Timirov X.N. Oqova suvda erigan kislorodni optik usulda o'lchashning afzalliklari	131
Muzaffarov F.F. Vertikal o'qli shamol energetik qurilmasining yurgizish momentini oshirishning ilmiy-texnik tadqiqoti	135
Mirzayev Sh.M., Hakimova S.Sh., Qodirov J.R. Qovunlarni quritishda quyosh radiatsiyasi va tabiiy vakuumli dastlabki ishlov berish	145
Makhmudov M.I., Mamirov U.F., Nurov S.S. Treatment plants increasing the energy efficiency of biological by automating measurements of main technological parameters	153
Tog'ayev I.B., Abdullayev Sh.Sh. Reaktiv quvvat manbalari yordamida elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlarini bosqichma-bosqich oshirishda tizimli tahlil olib borish	156
Сафаров А.Б., Пиримов Р.Р., Сайфиддинов Қ.Э. Муқобил энергия манбаларидан электр энергиясини олишда кичик тезликли электр генераторни лойиҳалаш ва динамик режимларини моделлаштириш	164
Kamolov J.J. Panel-nurlanishli isitish tizimini turli izolyatsiya materiallari uchun hisoblash	174
Maxmudov M.I., Sayfiyev H.O., Nurov S.S. Fotoelektrik batareyalar energetik parameterlarini monitoring qilish uchun quyosh intensivligini kuzatish qurilmasi tayyorlash	178
Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B. Reaktiv quvvat manbalarini o'rnatish natijasida elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlarini oshirishning baholash usullari	183
Barakayev N.R., Narziyev M.S., Talabov M.D., Jo'raqulova M.O. Inkubatsiyalash jarayonida parranda tuxumlarini o'z o'qi atrofida aylantirish uchun sarflanadigan energiyani aniqlash .	191

ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ – КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР

Жураев З.Б., Курбонов М.У., Абдувохидов Х.Ш. Современное состояние цифровой образовательной системы высшего образования в республике Узбекистан	196
Курбанов Ж.М., Курбанова М.Ж., Холтураев Х.К. Разработка математической модели изменения структурно-механических свойств плодов и овощей в процессе сушки.	201

ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ

Sharipov N.Z. Olcha danagining fizik xossalarini tadqiq qilish	207
Sabirov U.K., Oqilov A. Sut mahsulotlarini saqlashning mikroiklim parametrlarini intellektual boshqarish tizimini ishlab chiqish	211
Oltiyev A.T., Haydarova M.F. Tsukat ishlab chiqarish texnologiyasidagi an'anaviy shakar xom ashyosini, novvot ishlab chiqarish texnologiyasining qoldiq siropiga almashtirish	220
Атамуратова Т.И., Ахмедова М.Б. Способы приготовления бездрожжевого хлеба . . .	225
Хаитов Р.А., Ахмедова М.Б. Применение муки из соевого жмыха для улучшения белкового состава хлеба	229
Рахмонов К.С., Атамуратова Т.И. Антибактерицидная активность настоев из пряно-ароматического растительного сырья	233
Эрматов О.С. Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини қайта ишлаш миницеҳи.	240
Barakayev N.R., Uzoqov Y.A., Sadullayev S.X., Xolmuradov B.B., Axmedov A.G'. Respublikamizda ekilayotgan bug'doy don navlarini tahlil etish	247
Ибрагимов Р.Р., Нарзиев М.С., Кулдошева Ф.С., Шарипов Н.З. Разработка плана эксперимента процесса стерилизации плодов и овощей	252

ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ

Muhammedova M.O. Boldir-tovon bo'g'imi shikastlangan oyoq panjalari uchun ortopedik poyabzal va ortezlarning konstruktiv tahlillari	259
Ataxanov A.K., Azizov I.R., Odilxonova N.O. Tiklangan tolalardan mexanik texnologiyada notoqima matolar tayyorlash imkoniyatlari	267
Muhammedova M.O. Boldir-tovon bo'g'imidagi shikastlanishlarda tadqiqotchilar tomonidan taklif etilgan ortopedik yechimlar tahlili.	272
Do'stova F.X. Tikuv mashinasining taklif etilgan friksion muftasi konstruksiyasi vazifasi va ish tamoyillari.	275
Мардонов С.Э. Определение уработки нитей ворсовой основы при формировании коврового изделия.	279
Бebuтова Н.Н. Ёзги махсус кийимларни тайёрлашда қўлланиладиган талабларни шакллантириш	284
Kurbanov F.A., Zarifova M.B. Jin arra tishlari ishchi yuzasiga ta'sir qiluvchi kuchlar	290
Хамроева М.Ф., Мухамеджанова С.Ф., Туйчиев Т.О. Турли конструкциядаги козиқчали-планкали барабанларнинг ифлосликларни ажралиш жараёнига таъсири . . .	293
Парпиев А., Наврузов Н., Ахмедов К., Якубов К. Ишчи камерадаги пахтанинг дастлабки оқим ҳаракати динамикаси.	299
Ibrohimov I., Obidov A. Takomillashtirilgan toshtutgich kamerasida harakatlanayotgan paxta bo'lakchasining shikastlanish holatini tadqiq qilish.	303
Хамроева М.Ф., Мухамеджанова С.Ф., Туйчиев Т.О. Турли конструкциядаги козиқчали-планкали барабанларнинг тозалаш самарадорлигига таъсири	310
Турдиев Б.Э., Росулов Р.Х., Райимкулов Ж.К., Пардаев Б.Ч. Пахта чигити элеваторида тасмали лентанинг тажрибавий изланишлари.	315
Жуманиязов Қ., Саломов А. Пневмомеханик йигирув жараёнини такомиллаштирилган самарали технологиясини ишлаб чиқаришга қаратилган илмий тадқиқот ишлари таҳлили	319
Muhammedova M.O., Barnoyev B.E. Xromlangan charm tarkibini tahlil qilish va charm chiqindilarini qayta ishlash usullari	328
АНИҚ ВА ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР	
Мустақимова Қ.С. Александр Сергеевич Пушкин ва ўзбек адабиёти	333
Цай И.К. Непрерывное образование библиотечных специалистов Республики Узбекистан	336
Mirzayev Sh.R., Eshchanov Sh.A. Issiq-quruq iqlim sharoitida sanoat usullaridan foydalgan holda o'rta qavatli turar-joy binolarini loyihalashning tamoyillari: Buxoro shahri misolida	343
Xasanova S.Q. Fe'l nisbatlari tarjiması muammolari va yechimlari	348

УДК 001.94:622.794:661.11

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНО - МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

¹Курбанов Ж.М., ²Курбонова М.Ж., ³Холтураев Х.К.

Самаркандский институт экономики и сервиса, ²Ташкентский аграрный университет, ³ Термезский государственный университет.

Аннотация. В работе разработано математические модели, изменение деформации в процессе воздействия начального импульса и дальнейшей сушки плодов овощей, в целях улучшения качества готового продукта. Для вывода уравнения связывающего напряжения и деформации в этом процессе использовано метод комбинации механических модель простейших модельных тел и их идеальные уравнения.

Ключевые слова: математический модель, деформация, начальный импульс, напряжение, упругость, вязкость, структурные механические свойства.

MEVVA VA SABZAVOTLARNI QURUTISH JARAYONDAGI TUZILISHI VA MEXANIK XUSUSIYATLARI O'ZGARISHINING MATEMATIK MODELINI ISHLAB CHIQISH.

¹Qurbonov J.M., ²Qurbonova M.J., ³Xolto'raev X.K.

¹Samarqand iqtisodiyot va servis instituti, ²Toshkent agrar universiteti, ³Termiz davlat universiteti.

Annotatsiya. Ishda tayyor mahsulot sifatini oshirish maqsadida meva va sabzavotlarni dastlabki impuls ta'sirida deformatsiyani o'zgartirish va keyinchalik quritishning matematik modellari ishlab chiqildi. Ushbu jarayonda bog'lanish kuchlanishi va deformatsiya tenglamasini olish uchun eng oddiy model jismlarning mexanik modellari va ularning ideal tenglamalarini birlashtirish usuli qo'llanildi.

Kalit so'zlar: matematik model, deformatsiya, dastlabki impuls, kuchlanish, elastiklik, yopishqoqlik, strukturaviy mexanik xususiyatlar.

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF CHANGING THE STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FRUITS AND VEGETABLES DURING THE DRYING PROCESS

¹Kurbanov Zh.M., ²Kurbonova M.Zh., ³Kholturaev H.K.

¹Samarkand institute of economics and service, ²Tashkent agrarian university, ³Termez state university.

Abstract. The paper develops mathematical models of changing deformation during the initial impulse and subsequent drying of fruits and vegetables in order to improve the quality of the finished product. To derive the equation of the connecting stress and deformation in this process, the method of combining mechanical models of the simplest model bodies and their ideal equations was used.

Keywords. mathematical model, deformation, initial impulse, stress, elasticity, viscosity, structural mechanical properties

При высокоинтенсивном и интенсивном процессе обработки материалов, существенно изменяется ее структурно - механические свойства. Которые значительно влияет на процесс структурно-механических (реологических) свойств, определяет поведение материала в условиях напряженного состояния и позволяет связать между собой тензор напряжения с тензором деформации во времени. Эти свойства влияет на форму, размеры и структуру продукта в процессе сушки.

Поэтому, при тепло-массообменных процессах необходимо ввести математическую модель определяющий изменение структурно- механических (реологических) свойств плодов и овощей в этом процессе.

Изучение изменения структурно-механических свойств и структурообразовании в процессе сушки проведено для ряда важных материалов (песок, глина, желатин, торф) в работах А.В.Лыкова [1], Н.И.Гамаюнова [2], и др; а для пищевых продуктов (макаронное тесто, зерновые культуры, семена бобовых и др.) в работах Мачихин Ю.А, Мачихин С.А. [3], Ж.М.Курбанова [4] и вопросами плодов и овощей, Чураев Н.В [5], К.О.Додаев [6], М.Ж.Курбанова [7, 8] и др.

Для составления математической модели изменения деформации в процессе воздействия начального импульса и дальнейшей сушки плодов и овощей, т.е. для вывода уравнения связывающего напряжения и деформацию в этом процессе, используем метод комбинации механических моделей простейших (модельных) тел и их идеальные уравнения.

Феноменологический анализ плодов и овощей показывают, что по составу они состоят в основном из жидкообразных (соков), твердообразных (каркас клетки) и газообразных фаз. Которые в течение процесса нагревания и удаления влаги поведут себя различным образом. Например, плоды (яблоки, абрикос, персик, груша и др.) как вязко-пластичное, далее вязко-упругое и упругое вязкое. Надо помнить что деформация происходит во всех периодах сушки, причем указанные состояния тела в большей или меньшей мере (из-за неравномерности процесса сушки) действуют по всей протяженности процесса.

Исходя из вышеизложенных, нами составлены модели состояния тела по периодам сушки плодов и овощей, составленные модели которых представлены в таблице.

На первом периоде сушки тело Шведова-Бингама [8] пластическое твердое тело с низким пределом текучести, она только величиной предела текучести отличается от других пластических материалов. Такое тело было впервые обнаружено исследованием желатина [3] Ф.Н. Шведовым и Е. Бингамом для краски-пластичного материала.

Описывается уравнением:

$$\dot{\gamma} = (\tau - \tau_r) / \eta \quad (1)$$

где: $\dot{\gamma}$ – деформация скорость сдвига, η – коэффициент вязкости, τ – касательное нормальное, τ_r – критическое напряжение, предел текучести

Во втором периоде тело ведет себя как сочетание упругих и вязких свойств, называется телом Максвелла описывается уравнением:

$$\dot{\gamma} = \frac{\tau}{\eta} + \frac{\dot{\tau}}{G} \quad (2)$$

где: $\dot{\tau}$ – скорость напряжения, G – модуль упругости второго рода

В третьем периоде тело упруго-вязкое – Кельвина или Фойгта.

$$\tau = G\gamma + \eta\dot{\gamma} \quad (3)$$

Для нахождения математической модели изменения структурно-механических свойств при начальном импульсе процесса сушки, принимаем, что начальный импульс происходит первые два периода, поэтому математический модель процесса находим из двух уравнений модели I и II периода сушки.

$$\dot{\gamma}_I = \frac{(\tau - \tau_r)}{\eta}; \quad (4); \quad \dot{\gamma}_{II} = \frac{\tau}{\eta} + \frac{\dot{\tau}}{G} \quad (5)$$

Сложив (4) и (5) получим:

$$\dot{\gamma}_{I+II} = \dot{\gamma}_I + \dot{\gamma}_{II} \quad (6)$$

подставляя (4) и (5) на уравнение (6) получим:

$$\dot{\gamma}_{I+II} = \frac{1}{\eta}(\tau - \tau_r) + \frac{\tau}{\eta} + \frac{\dot{\tau}}{G} \quad (7)$$

переобразуя

$$\dot{\gamma}_{I+II} = \frac{1}{\eta}(\tau - \tau_r + \tau) + \frac{\dot{\tau}}{G} = \frac{1}{\eta}(2\tau - \tau_r) + \frac{\dot{\tau}}{G}$$

получим

$$\dot{\gamma}_{I+II} = \frac{1}{\eta}(2\tau - \tau_r) + \frac{\dot{\tau}}{G} \quad (8)$$

Получив единый уравнения (8) изменение деформации при начальном импульсе (8) производим анализ данного по методике при различных состояниях взаимодействия τ , γ для плодов и овощей во время начального импульса.

1. Пусть при НИ образующееся на плодов и овощей напряжение будет постоянным $\tau = \tau_0 = \text{const}$, а деформация развивается во времени. Тогда $\frac{d\tau}{dt} = 0$ и уравнение (8) примет вид модели тела Шведова-Бингама:

$$\dot{\gamma} = \frac{1}{\eta} (2\tau - \tau_\tau) \quad (9)$$

Это уравнение для $\tau \gg \tau_\tau$, потому что при $\tau_\tau \ll \tau$ тело теряет свойства пластичности и вязкости и превращается в твердое.

Интегрируя (9) получим:

$$\gamma = \int \frac{1}{\eta} (2\tau - \tau_\tau) dt + C \quad (10)$$

или

$$\gamma = \frac{1}{\eta} (2\tau - \tau_\tau) \cdot t + C \quad (11)$$

при начальных условиях $t=0$; $\gamma = \gamma_0$ тогда $C = \gamma_0$ и

$$\gamma = \gamma_0 + \frac{1}{\eta} (2\tau - \tau_\tau) \cdot t \quad (12)$$

уравнение (12) определяет деформацию тела в любой момент при постоянном касательном напряжении.

2. Пусть, образование структуры плодов и овощей при НИ происходит при постоянном значении деформации, т.е. $\gamma = \text{const}$; за счет развития внутренних касательных напряжений:

$$\frac{d\tau}{dt} = \text{var}; \quad (13) \quad \text{тогда} \quad \frac{d\gamma}{dt} = 0 \quad (14)$$

уравнение (8) примет вид:

$$0 = \frac{1}{\eta} (2\tau - \tau_\tau) + \frac{1}{G} \cdot \frac{d\tau}{dt} \quad (15)$$

проведем разделение переменных τ и t

$$\frac{1}{\eta} (2\tau - \tau_\tau) = -\frac{1}{G} \cdot \frac{d\tau}{dt} \quad (16); \quad \text{отсюда: } dt = -\frac{\eta \cdot d\tau}{G(2\tau - \tau_\tau)} \quad (17)$$

проинтегрируем левую и правую часть получим:

$$t = -\frac{\eta}{G} \ell n (2\tau - \tau_\tau) + C \quad (18)$$

отсюда при этом $\tau \neq \tau_\tau$, τ_τ – фиксированное значение

$$\frac{\eta}{G} \ell n (2\tau - \tau_\tau) = C - t \quad (19)$$

$$\ell n (2\tau - \tau_\tau) = \frac{G(C-t)}{\eta} \quad (20)$$

тогда

$$\tau = e^{\frac{G(C-t)}{\eta}} = e^{\frac{GC}{\eta}} \cdot e^{-\frac{Gt}{\eta}} \quad (21)$$

$$\text{Пусть } e^{\frac{GC}{\eta}} = C \quad (22)$$

$$\text{тогда } \tau = C \cdot e^{-\frac{Gt}{\eta}} \quad (23)$$

при начальных условиях $\tau = \tau_0$, т.е. при $t = 0$, $\tau = \tau_0$

$$\text{тогда } C = \tau_0 = e^{\frac{GC}{\eta}} \quad (24)$$

окончательно получим

$$\tau = \tau_0 \cdot e^{-\frac{Gt}{\eta}} = \tau_0 \exp\left(-\frac{G}{\eta} t\right) \quad (25)$$

$$\text{подставляя } \tau = \tau + \tau_\tau, \quad \tau = \tau_\tau + \tau_0 \exp\left(-\frac{2G}{\eta} t\right) \quad (26)$$

уравнение (26) определяет напряжение тела в любой момент t при фиксированных G и η .

3. Теперь рассмотрим наиболее приемлемый случай для процесса НИ плодов и овощей (скорость деформации постоянная)

$$\frac{d\gamma}{dt} = a = \text{const} \quad (27)$$

Тогда уравнение (8) примет вид:

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{1}{\eta} (2\tau - \tau_T) + \frac{1}{G} \cdot \frac{d\tau}{dt} = a \quad (28)$$

решение будет иметь вид: $(2\tau - \tau_T) = \eta \cdot a + c \cdot e^{-\frac{Gt}{\eta}}$ (29)

при начальных условиях $t=0$; $\tau = \tau_0$ тогда $c = (2\tau_0 - \tau_T) - \eta \cdot a$ (30)

подставляя (30) на (29) и преобразуя получим

$$\tau = \tau_T + A + [(2\tau_0 - \tau_T) - A]e^{-\frac{Gt}{\eta}} \quad (31)$$

где $A = \eta \cdot a$ (32)

По полученным уравнением (31) можно определить значение τ при постоянной скорости деформации a и фиксированных τ_T , G , η при времени t начального импульса.

Математический модель изменение структурно – механических свойств во время основного процесса сушки, предварительно обработанного продукта можно вводит по выше указанным методом по различным состояниям тела-продукта.

Таблица 1

Модели состояния тела по периодам процесса сушки плодов (яблоки, слива и абрикосы) и овощей (картофеля, моркови)

Период процесса сушки	Изменение влажности в, %	Вид (модель) тела	Математическая модель (уравнение) тела	Фамилия автора
I	95-85	Вязкое-пластическое	$\dot{\gamma}_I = \frac{(\tau - \tau_T)}{\eta}$	Шведова-Бингама
II	85-75	Вязкое-упругое	$\dot{\gamma}_{II} = \frac{\tau}{\eta} + \frac{\dot{\tau}}{G}$	Максвелла
III	45 ниже	Упругое-вязкое	$\tau = G\gamma + \eta \cdot \dot{\gamma}_{III}$ или $\dot{\gamma}_{III} = \frac{\tau - G\gamma}{\eta}$	Кельвина или Фойгта

Если считаем, что, после предварительного начального импульса во время которого математический модель изменение структурно-механических свойств — это сложение двух: вязкопластических и вязкоупругих тел и их описывающих уравнений, тогда со второго периода по третий проходит процесс конвективная сушка, по данным таблицы-1, это вязко – упругое и упруго вязкое состояние.

Принятие состояние тел во втором периоде для процесса сушки обосновано тем что, после начального импульса хотя снимается тепловое воздействия и другие явления сопутствующих ее, все равно оно продолжится и в процессе сушки.

Исходя из этих соображений:

$$\dot{\gamma}_{\text{сум}} = \dot{\gamma}_{II} + \dot{\gamma}_{III} \quad (32)$$

если

$$\dot{\gamma}_{II} = \frac{\tau}{\eta} + \frac{\dot{\tau}}{G} \quad (33)$$

$$\dot{\gamma}_{III} = \frac{\tau - G\gamma}{\eta} \quad (34)$$

подставляя (32) и (33) на (34) получим

$$\dot{\gamma}_{\text{сум}} = \frac{\tau}{\eta} + \frac{\dot{\tau}}{G} + \frac{\tau - G\gamma}{\eta} \quad (35)$$

преобразував:

$$\gamma_{\text{сум}} = 2\frac{\tau}{\eta} + \frac{\dot{\tau}}{G} - \frac{G\gamma}{\eta}$$

или

$$\dot{\gamma}_{\text{сум}} = \frac{2}{\eta} (\tau - G\gamma) + \frac{\dot{\tau}}{G} \quad (36)$$

или

$$\frac{d\dot{\gamma}_{\text{сум}}}{dt} = \frac{2}{\eta} (\tau - G\gamma) + \frac{1}{G} \cdot \frac{d\tau}{dt} \quad (37)$$

Полученное уравнение являются единым уравнением математического модели процесса сушки плодов и овощей.

Если уравнение (37) сопоставляем с (8), то получим, что во время процесса сушки материал уже на много раз твердее предыдущего, т.е. $\frac{1}{\eta} \rightarrow \frac{2}{\eta}$ ($\tau_T \neq G\gamma$) деформация тел идет в основном упруго-вязкое. По-видимому, материал сверху твердеет, а внутри еще вязкое (т.е. состояния вялый особенно для чернослива и абрикоса).

По полученным уравнениям также, как НИ произвели анализ различного состояния взаимодействия τ , γ для плодов и овощей во время процесса сушки и получили:

1). При $\tau = \tau_0 = \text{const}$; и $\frac{d\tau}{dt} = 0$; уравнение (31) примет вид:

$$\gamma = \gamma_0 + \frac{2}{\eta} (\tau - \tau_T) \cdot t \quad (32)$$

2). При $\gamma = \text{const}$; $\frac{d\tau}{dt} = \text{var}$; тогда $\frac{d\gamma}{dt} = 0$

получили

$$\tau = \tau_T + \tau_0 \exp\left(-\frac{2G}{\eta} t\right) \quad (33)$$

3). При $\frac{d\gamma}{dt} = a = \text{const}$; тогда уравнение (31)

примет вид:

$$\tau = G\gamma + A + [2(\tau - G\gamma) - A]e^{-\frac{2Gt}{\eta}} \quad (32)$$

где

$$A = \eta \cdot a$$

если $G\gamma = \tau_T$ тогда

$$\tau = \tau_T + A + [2(\tau - \tau_T) - A]e^{-\frac{2Gt}{\eta}} \quad (34)$$

2. Если мы исходим, что из указанных трех периодов в двух первых за короткое время происходит начальный импульс, и только в третий основной процесс сушки и она достаточно описывается уравнением Кельвина или Фойгта, тогда математическая модель намного упрощается и примет вид:

$$\tau = G\gamma + \eta \dot{\gamma}_{III} \quad \text{или} \quad \dot{\gamma}_{III} = \frac{\tau - G\gamma}{\eta} \quad (35)$$

Данное уравнение (35) показывает, что в процессе интенсивной сушки плодов и овощей, объект сушки все-таки имеет свойства вязкого течения для «твердого тела». Она характеризует самопроизвольную развитию деформации при постоянном значении приложенных напряжений и ее можно назвать ползучестью [22,24].

Если развитие деформации во времени $\gamma = \gamma(t)$ при постоянном напряжении $\tau = \tau_c = \text{const}$, уравнение (35) превращается в дифференциальное уравнение вида

$$\gamma + a\gamma' = b \quad (36)$$

где "a" и "b" – постоянные коэффициенты равные в нашем случае:

$$a = \frac{\eta}{G}; \quad b = \frac{\tau_c}{G} \quad (37)$$

γ – имеет значения деформации по времени. Из курса высшей математике известно решение уравнения (36), имеющий вид:

$$\gamma = b + c \cdot e^{-\frac{t}{a}} \quad (38)$$

c – произвольная постоянная интегрированная определяется из начальных условий. И так, окончательное решение:

$$\gamma = \frac{\tau_c}{G} + c \cdot e^{-\frac{G}{\eta} t} \quad (39)$$

Начальное условие, при

$$t=0, \quad \gamma = \gamma_0 = 0 \quad (40)$$

Она характеризует, что мгновенная деформация отсутствует и оба свойства (вязкости и упругости) больше и меньшей мере параллельно сохраняется до конца процесса.

Тогда:
$$C = -\frac{\tau_c}{G} \quad (41)$$

т.е. при $t \rightarrow \infty$ -деформация приближается τ_c/G , т.е. упругого тему Гука.

Заключение: Используя метод комбинации механических моделей простейших (модельных) тел и их идеальных уравнений, разработан математический модель изменения структурно механических свойств плодов и овощей по начальным периодам процесса сушки -получено уравнение определяющий напряжения тела в любой момент времени t , при фиксированных G и η .

-получено уравнение определяющий значение τ при постоянной скорости деформации α и фиксированных τ_T , G , η при времени t начального импульса.

Список использованной литературы:

1. Лыков А.В. Теория сушки – М.: Энергия. 1968 г - 470 с.
2. И. Гамаюнов Н.И. Закономерности внутреннего переноса влаги и структурообразования при сушке различных материалов. // Химическая промышленность. 1976, № 6, 24-28 с.
3. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов –М.: Легкая и пищевая промышленность. 1986 г - 216 с.
3. Курбанов Ж.М., Ходжаева У.Р. Электрофизические методы воздействия на продукты питания сервисных предприятий, монография, “Iqtisod-moliya”, Ташкент, 2012, 159 с.
4. Чураев Н.В. Свойства и кинетика влаги и пористых телах. // Коллоидный журн. 1980. Т. 42, №2. 295-298 с.
5. Додаев К.О., Маматов Ш.М., Исследование оптимизации процесса теплообмена в технологии сушки овощей // Вестник Тамбовского университета – Тамбов, 2013 г, №5. – 2504–2506 с.
6. Курбанова М.Ж. Мева сабзавотларни бошлангич импульс энергияси ёрдамида куритиш. / Автореферат докт. дисс. –Т. ТХТИ. 2018. – 41 б .
7. Курбанова М.Ж. - Интенсификация тепло-массообменных процессов начальным импульсным энергоподводом // Монография. – Самарканд: ГП издательство “Zarafshon”- 2017. – 136 с.
8. Shwedoff F.H «Journ.Dephysique» 1889 (2). 341 с.