**Материалдар кедергісі**

Әртүрлі құрылыстар, машиналар, жабдықтар, аппараттар мен приборлардың басқа сапаларымен қатар беріктігі және қатаңдығы болу керек. Беріктік деп қатты денелердің күштер әсерін қирамай қабылдау қабілетін атайды. Қатаңдық деп қатты денелердің күштер әсерін өз өлшемдері мен формасын айтарлықтай өзгертпей, яғни үлкен деформацияларға ие болмай қабылдау қабілетін атайды.  Конструкция элементтерінің (бөлшектерінің) беріктігі мен қатаңдығын қамсыздандыру үшін олар лайықты материалдан жасалу керек және оның керекті өлшемдері болу керек. Материалдар кедергісі (МК) – конструкция элементтерінің беріктігі мен қатаңдығы туралы ғылым. МК-нің негізгі қорытындылары статиканың заңдары мен теоремаларына тіреледі, бірақ МК-сінде денелердің деформациялану қасиетінің үлесі ең маңызды болады. МК мақсаты – конструкцияның типтік элементтерін есептеуінің қарапайым әдістерін беру. МК-нде жарамды болжамдарға негізделген жуық әдістер қолданылады.

Есептер шешуі есептеу моделін, яғни есептеу сұлбасын (ЕС) тандауынан басталады, ЕС – бұл объектінің айтарлықтай емес факторларынан босатылған  сипаттамасы. Бір объект үшін талап қойылған нақтылыққа және құбылыстың қарастырылатын жағына тәуелді бірнеше ЕС-ны қолдануға болады. Екінші жақтан, бір ЕС-ға бірнеше объектілер келтірілуі мүмкін.

ЕС-ны тандау материалдар қасиеттерін модельдеуден басталады. Барлық материалдар олардың микроструктурасына тәуелсіз біртекті тұтас орта ретінде қарастырылады, бұл  шексіз аз шамалар талдауының аппаратын қолдануға мүмкіншілік береді. Тұтас ортаны шынайы материалдың  қасиеттеріне ие болғызады. Мысалы, барлық қатты денелердің анықталған дәрежедегі серпімділік қасиеті бар, яғни денелердің өлшемдері мен формасын өзгерткен сыртқы күштерді алып тастаса, олардың бастапқы өлшемдері мен формасына қайта келу қабілеті бар. Көптеген есептерде орта абсолют серпімді болып алынады. Егер абсолют серпімділіктен ауытқуы айтарлықтай көп болса, ортаны басқа қасиеттерге ие болғызады. Әдетте МК-нде орта изотропты болып қарастырылады.

Объектінің геометриясы да қарапайымдалады, МК-нде ол сырық немесе қабық сұлбасына келтіріледі. Сырық деп бір өлшемі (ұзындығы) басқа екі өлшемінен әлдеқайда үлкен денені атайды. Қабық деп бір өлшемі (қалындығы) басқа екі өлшемінен әлдеқайда кіші денені атайды.  Сырықты геометриялық түрде жазық фигураны (10.1 сурет) кейбір қисықтың, яғни сырық өсінің бойымен орын ауыстырып жасауға болады. Ауырлық центрі сырық өсінде жатқан және оған тік орналасқан жазық фигура сырықтың көлденең қимасы деп аталады. Сырық түзу сызықты немесе қисық сызықты, оның қимасы өс бойымен тұрақты немесе айнымалы болулары мүмкін. Төменде тек қана сырықтар мен сырық жүйелерінің есептелуі қарастырылады.

            Күштер жүйесі де қарапайымдалады. Мысалы, қадалған күш ұғымы енгізіледі. МК-нде күштер сыртқы және ішкі болып ажыратылады. Егер конструкция басқа денелерден тыс қарастырылатын болса, соңғылардың конструкцияға әсері сыртқы күштерге жататын күштермен ауыстырылады. Бұл күштер келесі күштерге бөлінеді: көлемдік (ауырлық, инерция, магниттік тарту күштері және т.б.) және беттік (айналасындағы денелермен түйісіп әрекеттесу күштері). Сыртқы күштер арасына тек берілген (актив) күштер ғана емес, оларға қосылып, теңгерілетін күштер жүйесін құрайтын байланыстардың реакциялары да кіреді. Теңгерілетін (актив және реактив күштерден тұратын) күштер жүйесін жүктеме деп атайды. Сыртқы күштердің шамасы және олардың таралу түрі объект пен айналасындағы денелердің шекарасы қайда өтетіне тәуелді.  Күштер келесіге айрылады: статикалық (уақыт өтуімен өте жай өзгеретін, айтарлықтай инерция күштерін болдырмайтын күштер), динамикалық (уақыт өтуімен жылдам өзгеретін, есептеуде ескерілетін инерция күштеріне себепші болатын күштер; олар соққы, аяқ астынан түсірілетін  және вибрациялық күштер болуы мүмкін), қайталымды-айналымды (әсері периодпен көп қайталанатын күштер). Объект бөліктерінің өзара әрекеттесуін сипаттайтын күштер ішкі күштерге жатады. Ішкі күштер тек қана объект бөліктерінің арасында емес, оның барлық көрші бөлшектерінің арасында да объектінің жүктелуі кезінде пайда болады.  Әдетте объект сыртқы күштермен жүктелмесе, оның ішінде ішкі күштер жоқ деп есептеледі.

**Қималар әдісі. Сырықтың көлденең қималарындағы ішкі күштер факторлары**

Сырыққа (10.2,*а* сурет) *{F1, F2, …, Fn}*жүктемесі түсетін болсын. Сырық-та пайда болатын ішкі күштерді, оны екі бөлікке, мысалы*А* қимасымен кесіп, анықтауға болады (қималар әдісі). Сырықтың бөліктері арасындағы байланыстарды алып тастағандықтан, оның бір бөлігінің екінші бөлігіне әсерін қимадағы *{FА}*ішкі күштер жүйесімен ауыстыру керек (10.2,*б* су-рет). Жалпы жағдайда әртүрлі қима-ларда әр түрлі ішкі күштер орын алады. *А'*жазықтығындағы күштер жүйесінің таңбасы *А"* жазықты-ғындағы күштер жүйесінің таңбасы-на қарсы болады. Ішкі күштер қима бойымен кейбір күрделі түрде тарала-ды. Сонда оң жақ және сол жақ бөліктері үшін тепе-теңдік шарттары бөлек орындалу керек. *А* қимасындағы ішкі күштердің бас векторы мен бас моментін кез келген бөліктің тепе-теңдік шарттарынан анықтауға болады.

 Тепе-теңдік теңдеулерінен ішкі күштердің қима бойымен таралу заңын емес, тек қана олардың стати-калық эквиваленттерін анықтауға бо-лады (сыртқы күштер белгілі жағдайда). Ішкі күштер жүйесін қима-ның ауырлық центріне келтірейік. Нә-тижесінде  бас векторы мен  бас моментін аламыз (10.3 сурет). *z* өсін қиманың сыртқы нормалімен бағыттап және *х* пен *у* өстерін қима жазық-тығында орналастырып, координат жүйесін қабылдаймыз.  және  вектор-ларын өстерге проекциялап, 6 құраушыны аламыз: үш күш пен үш момент, олар сырық қимасындағы ішкі күштер факторлары (ІКФ) деп аталады. *N* құраушысы бойлық немесе нормаль күш, *Qx* пен *Qy* – көлденең күштер, *Мк* моменті – бұраушы момент, ал *Мх* пен *Му* моменттері – *х* пен *у* өстеріне қатысты июші моменттер деп аталады. Сыртқы күштер белгілі болғанда, барлық ІКФ кесілген бөлік үшін құрылған 6 тепе-теңдік теңдеулерінен табылады.

ІКФ-на сәйкес сырықтың жүктелуі түрлерге жіктеледі (созылу, сығылу, бұралу, иілу және т.б.). Жүктелудің түрін анықтау үшін қима әдісін қолданып, қималарда қандай ІКФ болатынын анықтау керек. Нәтижелер эпюрлер деп аталатын графиктермен көрсетіледі.

**Кернеулер, орын ауыстырулар және деформациялар туралы түсініктер**

Ішкі күштердің қимада таралуын сипаттау үшін кернеу ұғымы енгізіледі. *S* қимасының *К* нүктесіндегі толық кернеу векторы деп, келесі шама аталады

                                              (10.1)

мұндағы  - *K* нүктесі аймағындағы элементар аудан;

 - элементар ауданға түсетін ішкі күштердің тең әсерлі күші.

Сонымен, кернеу ауданның бірлігіне түсетін ішкі күш болып табылады (паскальмен өлшенеді). *р* кернеуін 3 құраушыға жіктеуге болады: қиманың нормалі бойымен (тік **кернеуі) және қима жазықтығындағы екі өс бойымен (жанама **кернеулері). Егер *К*нүктесі арқылы басқа қию ауданды жүргізсе, жалпы жағдайда кернеудің шамасы басқа болады. Нүктеден жүргізілген барлық аудандардағы кернеулердің жиынтығы нүктенің кернеулі күйін құрайды (ол  6 шамамен толық анықталады).

Сыртқы күштер әсерінен барлық денелер өздерінің өлшемдері мен формасын өзгертеді (де­формацияланады). Осы өзгерістер әдетте аз болса да  ішкі күштердің дене бойымен таралуына айтарлықтай әсерін тигізеді. Деформациялану кезінде дене нүктелері кеңістікте өзінің орнын ауыстырады.  Деформацияланбаған дене нүктесінен басталып, деформацияланған дененің дәл сол нүктесіне жүргізілген вектор нүктенің сызықты орын ауыстыру векторы деп аталады. Бұрыштық орын ауыстыру ұғымы келесідей енгізіледі: деформацияға дейін екі жақын нүктелердің арасындағы түзу кесінді  де-формация болғаннан кейін кеңістікте кейбір бұрышқа бұрылады, ол да вектормен сипатталады.

Егер жүйеге, оның кеңістікте қатаң бүтін ретінде орын ауыстыруына ешқандай мүмкіншілік бермеуге жеткілікті байланыстар  енгізілген болса, онда жүйе кинематикалық өзгермейтін жүйе деп аталады. МК-нде әдетте тек сондай жүйелер қарастырылады. Керісінше жағдайда орын ауыстырулардың тек қана деформациялар себебінен бола-тын бөлігі қарастырылады.  Сонда көптеген жүйелер үшін кез келген нүктенің орын ауыстыруы дене өлшемдерімен салыстырғанда өте аз шама болады.  Сондықтан, статика теңдеулерін құрған кезде бастапқы өлшемдер принципі бойынша өлшемдердің өзгеруі есепке алынбайды (бұдан өзгешеліктер бар).

Дене өлшемдері мен формасының өзгеру қарқындылығын сипаттау үшін денені деформацияға дейін және деформация болғаннан кейін қарастырайық (10.4 сурет).  Келесі шама

                                                  (10.2)

 *А* нүктесінің *АВ* бағыты бойымен сызықтық деформациясы немесе деформациясы деп аталады (оның реті 10-3). Дәл сол нүктедегі басқа бағыты бойымен алынған деформация, жалпы айтқанда, басқа болады. *х*, *у* және *z* өстері бойымен деформацияларды *х*, *у* және *z* деп белгілейді.

Дене ішінде *OD* және *ОС* кесінділерімен жасалған тік бұрышты қарастырайық (10.4 сурет). Дене сыртқы күштермен жүктелген сон, бұл бұрыш өзгеріп, *C'O'D'* мәніне ие болады.  Келесі шама

                                                (10.3)

*О* нүктесіндегі *COD*жазықтығындағы бұрыштық деформация немесе ығысу бұрышы деп аталады. Координаттық жазықтықтарда ығысу бұрыштар *уz*,*zx*және *ху* арқылы белгіленеді.

**Гук заңы.  Күштер әсерінің тәуелсіздігі мен Сен-Венан принциптері**

Көптеген жағдайда орын ауыстырулар кейбір шектерде әсер ететін күштерге пропорционал (Гук, 1660 ж.). Мұнда пропорционалдық коэффициенті материалдың физикалық қасиеттеріне және жүйенің геометриясына тәуелді. Қазіргі қарастыру бойынша Гук заңы кернеу мен деформация арасындағы сызықтық тәуелдігін анықтайды. Сонда пропорционалдық коэффициенттер материалдың тұрақтылары болып келеді.   Ал орын ауыстырулар мен күштер арасындағы сызықтық тәуелдік соның салдары ретінде  шығады. Тәуелдік күштер артқанда да, азайғанда да сақталады, демек, ол жүйенің серпімділік қасиеттерін сипаттайды.

Гук заңына бағынатын жүйелер үшін суперпозиция принципі (күштер әсерінің тәуелсіздігі принципі) орын алатынын дәлелдеуге болады, осыған сәйкес серпімді денедегі орын ауыстырулар мен ішкі күштер сыртқы күштердің түсу кезегіне тәуелсіз болады. Егер жүйеге бірнеше күш түсірілсе, алдымен әр күш бөлек түскен кезде орын алатын ішкі күштер, кернеулер, орын ауыстырулар мен деформацияларды анықтап, содан кейін барлық күштер әсерінің нәтижесін әр күш әсері нәтижелерінің қосындысы ретінде табуға болады.

МК есептерін шешу кезінде Сен-Венан принципі қолданылады. Егер денеге теңгерілетін күштер жүйесі әсер ететін болса, онда жүктеме түсірілетін орнынан алыстаған сайын кернеулер мен деформациялар шапшаң азаяды деп алынады. Бұл принципке сәйкес жүктеменің түсірілу тәсілі дененің деформациясына тек қана жүктеме түсірілген орнына жақын кіші көлемінде әсерін тигізеді, ал жүктеме түсірілген орнынан алыс жерде жүктеменің түсірілу тәсілі дененің деформациясына әсерін тигізбейді.

**Конструкция элементтерін есептеудің жалпы принциптері**

Конструкция оның беріктігіне, қатаңдығына, сенімділігіне қойылған талаптарды қанағаттандыра ма деген сұраққа жауап беру үшін алдымен есептеу әдісін таңдап алу керек.  Беріктікке есептеудің ең кеңінен таралғал әдісі кернеулер бойынша есептеу болып табылады: мұнда конструкция сенімділігінің критерийі ретінде кернеу (кернеулі күй) болады деп есептеледі. Сонда конструкция талдауының негізінде ең жоғары (есептеу) кернеулер анықталады. Сол кернеулер берілген материал үшін,алдын ала зертханалық сынау негізінде табылған шекті мәнімен салыстырылады. Салыстыру нәтижесінде конструк-цияның беріктігі жөнінде қорытынды жасалынады.

Егер конструкция өлшемдерінің және формасының өзгеруі аз болу керек болса, қауіпсіз орын ауыстырулар бойынша есептеу жүргізіледі (қатаңдыққа есептеу). Бір жолы жүйені кернеулер бойынша беріктікке тексеру керек. Сапалық түрде айырылатын құбылыстармен, яғни орнықтылықпен, қайталмалы жүктемелердің әсерімен, динамикалық әсермен және т.б. байланысқан өзгеше әдістер қолданылады.  Конструкцияның нақты жағдайларындағы сенімділігі-нің дәрежесі туралы мәселесі, машина бөлшектері курсында, турбома-шиналар динамикасы жіне беріктігі, химикалық өндірістегі аппараттар мен процестер және т.б. пәндерде қарастырылады.