

**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ
МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION**

GTAMP 55.57.37

DOI <https://doi.org/10.37884/1-2022/12>

Қ.Қалым¹, Ф.С.Жұматай², О.Камалханов¹

¹ *Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы, abdirahim_334@mail.ru*, Orazali1504@gmail.com*

² *Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығы, Алматы, Қазақстан Республикасы, gani_shek@mail.ru*

**ЕКІ АДЫМДЫ ПЫШАҚ ЖҮГІРІСІ БАР ШӨП ШАПҚЫШТЫҢ КЕСУ
АППАРАТЫНЫҢ ЖЕТЕК МЕХАНИЗМІН ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ**

Аңдатпа

Бұл мақалада екі адымы пышақты шөп шапқыштың кескіш аппаратындағы жетек механизмінің параметрлері мен жұмыс режимдерін әзірлеу және негіздеу бойынша эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Сегментті-саусақ түріндегі шөп шапқыштың кесу аппаратының жетек механизмінің құрылымдық және технологиялық схемасы жасалды, онда кесу аппараты пышағының екі соққысы қарастырылған. Пышақтың қозғалысын, жылдамдығын және үдеуін анықтау бойынша аналитикалық тәуелділіктер алынды. Теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері бойынша шөп шапқыш жетегі механизмінің негізгі параметрлері негізделді. Өсімдіктерді сапалы кесу жағдайында, шөпті кесудің минималды жылдамдығымен иінді-біліктің минималды жылдамдығы анықталды. Есептеу арқылы пышақтың екі адымды кесуімен қалыпты кесу үшін кесу алаңы мен жүктеме ауданы анықталады. Екі адымды шөп шапқышты жүргізу үшін қажетті қуатты анықтауға аналитикалық тәуелділіктер алынды. Екі адымды пышақтың кескіш аппаратында иінді біліктің айналу жиілігі анықталды. Зерттеу нәтижелері бойынша жақсартылған жетегі бар шөп шапқыштың негізгі параметрлері негізделген. "Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС-де тәжірибелік үлгі жасалып шығарылды және жетек механизміне алдын ала сынақ жүргізілді, шөп шабу жұмысының агротехникалық және энергетикалық көрсеткіштері анықталды.

Кілт сөздер: *шөп шапқыш, жетек, кескіш аппарат, жоңышқа, шөп шабу, пышақ, жылдамдық, иінді-білік.*

Кіріспе

Қазақстан Республикасында 5,0 млн. га алқап өнімділігі төмен табиғи шөптермен қамтылған, ал егілген шөптерге арналған егіс алқаптарын 3,4 млн. гектардан астам ұлғайту белгіленген [1].

Азық жинау мәселесін шешу көбінесе егін жинау машиналарының болуы мен олардың дизайнының жетілуіне байланысты. Сондықтан отандық және шетелдік тәжірибені ескере отырып, қолданыстағы машиналарды жаңғырту және жаңаларын жасау қажет.

Шетелде шөп шабу үшін негізінен ротационды шөп шапқыштар қолданылады. Олар өрістің рельефімен және трактордың мүмкіндіктерімен ғана шектелетін үлкен жылдамдықпен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Ротационды кесу аппараттарын пайдалану жоғары өнімді және жатпа шөптерді шабу кезінде технологиялық процестің тиімділігін арттырады [2].

Ротационды шөп шапқыштардың кемшіліктері: жоғары энергия сыйымдылығы (Ені метрге шамамен 12...15 кВт, отынның үлкен шығыны және жоғары құны); жарақат алу қаупі

(кіретін бөгде заттардың жоғары жылдамдықпен лақтыруға) және құмды және борпылдақ топырақтарда шөп шабу кезінде топырақтың ластануы [3].

Табиғи және егілген шөптерден жем-шөп жинау кезінде ең көп таралған шөп шабу технологиясы шабылған массаны қатар уйіндіге салу арқылы сегменттік-саусақпен кесетін машиналары бар шөп шапқыштар. Күрделі контурдың ұсақ учаскелерін шабу үшін фермерлер негізінен КС-Ф-2,1 аспалы бір білікті шөп шапқыштарды пайдаланады, ал тегіс рельефі бар үлкен аудандарда жартылай аспалы екі білікті КД-Ф-4,0, КДС-4,0 шөп шапқышы және үш білікті КП-Ф-6,0 тіркемелі шөп шапқыштар қолданылады [4].

Сегментті-саусақпен кесетін аппараттары бар шөп шапқыштар, негізінен, ТМД елдерінде кеңінен дайындалады: "Бердянские жатки" ААҚ (Украина) КПО-2,1 және КТС - 2,1 бір білікті аспалы шөп шапқыш, "Бобруйскагромаш" ААҚ (Беларусь Республикасы) сегментті-саусақпен аспалы КС-Ф-2,1 Б шөп шапқыш және КДС - 4,0 аспалы екі білікті шөп шапқыш, "Ургенчкорммаш" АҚ (Өзбекстан) КПО - 2,1 және КТС-2,1 бір білікті топсалы КОС-2,1 және екі білікті жартылай аспалы КДП-4,0. Олардың қуатты таңдау білігі (ҚТБ) 540 айн/мин айналу жиілігі кезінде эксцентрик білігінің айналу жиілігі 750-1100 айн/мин құрайды.

Бұл шөп шапқыштардың *артықшылығы* – дәл кесу, энергияны аз тұтыну (алым енінің метріне шамамен 2,0 ... 2,5 кВт), шөп массасының ластануының төмен болуы.

Сегментті-саусақпен кесетін аппараттары бар шөп шапқыштардың *кемшілігі* – шөптерді табиғи және егілген шабындықтарда біркелкі емес рельефпен шабу кезінде пышақпен байланыстырушы өзектің жиі бұзылуында. Мұның себебі шөп шапқыштардағы кескіш машинаны жүргізу үшін иінді механизм қолданылады. Сондықтан, біркелкі емес өрістерде, сыртқы тіреуіш шаңғы ішкі тіреуіш шаңғыдан 0,2 см жоғары көтерілгенде, байланыстырушы өзектің көлденең бұрышы артып, сегменттердің жүрісі өзгереді. Байланыстырушы өзек бұрышының жоғарылауымен пышаққа және саусақ біліктің элементтеріне әсер ететін күштердің тік компоненттері өседі, бұл кесу аппаратындағы үйкеліс күштерін арттырады және кесу аппаратындағы пышақтың қысылуына әкеледі. Нәтижесінде пышақпен байланыстырушы өзек жиі сынатын болады, бұл ақауларды жою үшін қосымша уақыт кетеді [5, 6].

Зерттеу жұмысының мақсаты динамикалық жүктемелердің төмендеуін және технологиялық процестің сапалы орындалуын қамтамасыз ететін табиғи және егілген шабындықтардың кедір-бұдырларында жұмыс істеуге мүмкіндігі бар пышақтың екі адымды кескіш аппараттың жаңа жетегі бар шөп шапқыштың параметрлерін негіздеу болып табылады. Ол үшін жұмыста келесі міндеттер қойылған:

1. Кесу аппаратының жетегіне арналған әртүрлі механизмдерге жүргізілген зерттеулерге талдау жүргізу.

2. Шөп шапқыш механизмінің жеке параметрлері арасындағы ұтымды қатынасты анықтау.

3. Жетек механизмдерінің кинематикалық және динамикалық сипаттамаларын зерттеу және негізгі параметрлерді анықтау.

Әдістер мен материалдар

Зерттеулер теориялық және қолданбалы механиканың классикалық әдістерін, механизмдер мен машиналар теориясын қолдана отырып жүргізілді.

Механизмді кинематикалық зерттеу векторлық контурлар әдісімен жүзеге асырылды. Бұл әдіске сәйкес, тікбұрышты xOy координаттар жүйесінде орналасқан жалпақ икемді механизмнің схемасы механизмнің күрделілігіне байланысты бір немесе бірнеше жабық векторлық тізбектерден тұратын жабық көпбұрыш ретінде ұсынылған. Оқшаулау шарттары векторлық формада немесе координаталар осіндегі проекция түрінде жазылады [7].

Шөп шапқыштың пышақ жетегінің қозғалыс теңдеуін сандық талдау стандартты Excel, Matcad бағдарламаларын қолдану арқылы жасалды. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелерін өңдеу кезінде математикалық статистиканың ережелері қолданылды.

Нәтижелер және талқылау

Жылжымалы саусақтары бар шөп шапқышта (дуплексті кесу машинасы) саусақтар саусақты біліктің арқасында бекітіліп, иінді біліктен жетегі бар сегменттерге қарсы қозғалыс жасайды. Сонымен қатар, кесу машинасының білік пен пышақ антифазада бірдей жиілікте тербелістер жасайды және осылайша кесу аппаратындағы инерциялық күштердің өзін-өзі теңдестіруін қамтамасыз етеді [8]. Мұндай кескіш құрылғы кесу жылдамдығын екі есе арттыруға мүмкіндік береді, сол бұрылыстарда басқарылатын шкивте болады, бұл шөптің таза кесілуіне мүмкіндік береді. Сонымен қатар, саусақтардың өзара қозғалысы жатып қалған шөптерді шабуға және дымқыл шөптерді шабуға мүмкіндік береді [9]. Бұл шөп шапқыштың кемшілігі – дизайнның күрделілігі және саусақ пен кескіш пышақтың инерциялық күштерінің тепе-тең еместігінде.

С.И. Рустамов жаңа өнертабыстарда, авторлық куәліктер мен патенттерде ұсынылған сериялы шығарылатын машиналарда, шөп шапқыштарда және дестелегіштерде қолданылатын пышақ жетегінің әртүрлі механизмдеріне егжей-тегжейлі талдау жүргізді. Ол жетектің барлық белгілі механизмдерін талдады, олардың жетек механизмдерін талдау және синтездеу тұрғысынан олардың талаптарына сәйкестігін бағалады [10].

Тәжірибелер көрсеткендей, өсімдіктерді жоғары сапалы кесу үшін кесу жылдамдығы кемінде 2,15 м/с, ал дәнді дақылдар үшін – 1,5 м/с болуы керек.

Екіпышақты кескіш машина трактордың жылдамдығын 12 км/сағ дейін арттыруға мүмкіндік береді, бұл таза шөп шабу сапасымен және төмен қуат қажеттілігімен (алым енінің метріне шамамен 2,5 кВт) өнімділікті айтарлықтай арттырады. Екі аяқты кесу машинасының дизайны инерциялық күштерді теңестіруге мүмкіндік береді. Кескіш машинаның жетегі иінді-иінді механизмнің көмегімен жүзеге асырылады, олардың байланыстары сайлентблоктарға ілулі, бұл шөп шапқыштың жеңілдігі мен үнсіздігін қамтамасыз етеді [11].

Екіпышақты кесу аппараттарының кемшіліктері жұмыс кезінде жоғарғы және төменгі пышақтардың сегменттері арасындағы тұрақты алшақтықты сақтаудың қиыншылығында. Бұл алшақтықтың артуы құрылғының бітелуіне әкеледі. Тегіс емес өрістерде шөптердің аз кесілуімен пышақ сегменттері жерге көміліп, сегменттердің бұзылуына әкеледі [2].

Жемшөп жинайтын машиналардың кесу аппараттарының жетектерінде кеңістікті иінді-коромыслыды механизмдер қолданылады. Оларды пайдалану, дестелердің көлденең өлшемдерін азайту қажеттілігінен туындайды. Иінді-коромыслыды механизмінің айрықша ерекшелігі – байланыстырушы шатун мен кескіш машинаның пышағы арасында қосымша сілтемелер бар: қос иық тұтқасы және кішкентай байланыстырушы өзек [12].

И.С. Бобовичтің, О.К. Құрманғалиевтің, Р.К. Наурызбаевтың, В.М. Костюченконың, О.Жортуыловтың, И.А. Нәбидің, А.С. Адильшеевтің, Ғ.С.Жұматайдың, М.Т. Суранчиевтің еңбектері алдын ала кернеулі контурға біріктірілген иілгіш шатундардың механизмдерін зерттеуге арналған [12-16].

Қазақ ауыл шаруашылығы институтында И.С. Бобовичтің басшылығымен оның оқушыларымен кең алымды шөп шапқыш әзірленді, онда гидромотор білігінің айналмалы қозғалысын пышақтардың қайтымды-үдемелі қозғалысына айналдыру иілгіш шатундары бар механизммен жүзеге асырылады [13].

Иінді біліктің жылдамдығын төмендете отырып, шөп шапқыштың өнімділігін арттыруға қос пышақты кесетін машинаны пайдалану арқылы қол жеткізіледі.

И.Ф. Поповтың, Н.И. Дроздовтың, Е.С. Босойдың [9, 11, 17]. жұмыстары шөп шабатын сегменттердің екі адымды кесу аппараттарының жұмысын зерттеуге арналған. Сегменттердің бір адымы бар аппаратпен салыстырғанда қос адымды кесу машинасының артықшылығы – иінді бұрыштың жылдамдығы 1,5...2,0 есе төмендейді, кескіш аппаратты беру 1,6 есе артуы мүмкін, пышақтың инерция күші 1,1...1,3 есе азаяды [17].

Айта кету керек, бұл нәтижелер дезаксиалды кривошипті-шатунды механизммен берілген қос пышақты кесетін аппарат үшін алынды. Пышақтың қос адымды сегменттердің бір адымы бар қалыпты кесу аппараттарына қарағанда иінді радиусы 2 есе көп болған кезде

қамтамасыз етіледі. Бұл ретте байланыстырушы шыбықтың көлбеу бұрышы артады, бұл бағыттағыштарға үйкеліс күшінің ұлғаюына әкелетін күштердің тік компоненттерінің көбеюіне әкеледі [18-20].

Кесу аппаратының жетек механизмінің параметрлерін анықтау

"Агроинженерия ҒӨО" ЖШС-де (Қазақ ауыл шаруашылығын механикаландыру және электрлендіру ғылыми-зерттеу институты) профессор О.Жортуылов пен Ғ.С.Жұматай КС-2.1Ж пышағының қос адымды жетілдірілген жаңа жетегі бар бір білікті шөп шапқыш машина әзірледі. Шөп шапқыш машинаның пышағының өзара қозғалысы иінді роликті және иілгіш байланыстармен жүзеге асырылады, сондай-ақ оның жетек механизмі экономикалық және қабылдау сынақтарынан сәтті өтті. Өнертабыстың техникалық жаңалығы ҚР № 21946 және № 29916 инновациялық патенттерімен қорғалған [22, 23].

Механизм ішкі тіреуіш шаңғыда орнатылады және тірек тақтайшасы, оған қосылған екі тірек ролик, иінді білікпен байланысқан жетек білігі бар, оның саусағында айналу мүмкіндігі бар ролик, жетек элементі және роликті екі жағынан жабатын екі иілгіш элемент бар, олардың әрқайсысы тірек роликтерінің бірімен өзара әрекеттеседі және бір ұшымен плитаға, ал екіншісі жетек элементіне-пышаққа бекітіледі. Иілгіш элемент шынжыр (цепь) түрінде жасалған.

Шөп шапқыш конструкциясының (КС-2.1 Ж) артықшылықтары: "эксцентрлік саусақты байланыстырушы білік" сияқты берік қосылыстары бар қатты біліктің құрылымнан алынып тасталуы; эксцентрлік біліктің айналу жылдамдығын 1,5–2,0 есе төмендетуге мүмкіндігі, бұл инерциялық жүктемені азайтады; пышақтың екі адымды жүрісі берілісті 1,56 есе арттыруға, яғни машинаның жылдамдығын арттыруға мүмкіндік береді.

Сол себепті, пышақтың екі адымы бар шөп шапқыштың кесу құрылғысының жетек параметрлерін жасау және негіздеу өзекті мәселе болып табылады.

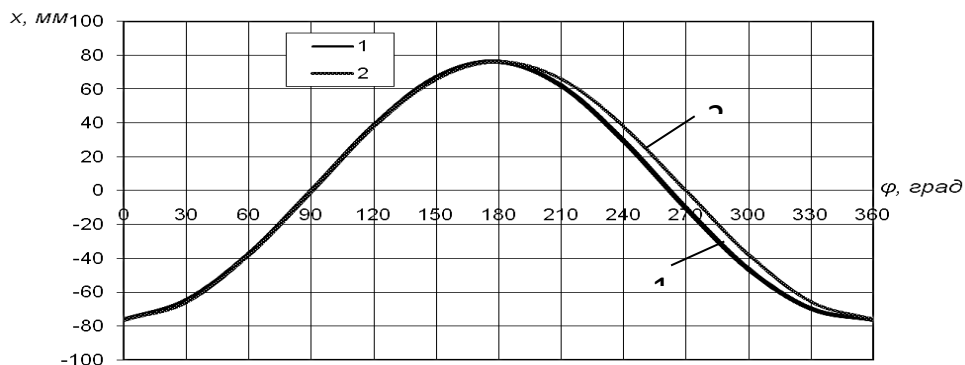
Бұл шөп шапқыштың жетегі әлемде теңдесі жоқ, сондықтан жұмысты терең зерттеген кезде жетек механизмін өзара машиналарда қолдануға болады және бұл жұмысты зерттеуде ешқандай шектеулер жоқ.

Машина конструкциясының артықшылықтары:

- машина конструкциясынан қатты біліктің (шатун) "эксцентрлік саусақты байланыстырушы білік" сияқты берік қосылыстардың алынып тасталуы;
- пышақтың қос адымы берілісті 1,5 есе арттыруға мүмкіндік беруі, яғни машинаның жылдамдығын арттыруы;
- эксцентрлік біліктің айналу жылдамдығы 1,5 есе азайуы, яғни инерциялық жүктемелердің азайтылуы.

Машина конструкциясының кемшіліктері:

1. Эксцентрлік түйреуіш материалы жұмыс кезінде жеткілікті беріктікті қамтамасыз етпейді және эксцентрикке бекітілген жерде сыну орын алады. Бұл кемшілікті осы материалды ең берік материалмен (мысалы, ысытылған (піскен) металл және т.б.) ауыстыру арқылы жоюға болады.



Сурет 1 - Иінді бұрылу бұрышына байланысты пышақтың қозғалыс графигі

2. Жетек механизмінің шынжырын (цепи) күнделікті реттеу қажеттігі. Бұл мәселені шешу үшін әртүрлі иілгіш материалдармен тәжірибе жасауға болады (мысалы, иілгіш кабель немесе шкив белдігі).

1-суретте пышақтың қозғалу графигі көрсетілген. Тікелей соққымен, яғни иінді 0° -тен 180° -қа дейін бұрған кезде қозғалыстар сәйкес келеді, ал пышақтың кері соққысымен қисықтардың сәйкес келмеуі және фазалық ығысу $5-6^\circ$ болады.

Белгілі иінді біліктің кинематикалық сипаттамалары бір адымды және ұсынылған екі адымды пышақ механизмі келесідей болады:

$$X_1 = -r \cos \varphi = -r_1 \cos \omega_1 t;$$

$$X_2 = -2r_2 K \cos \varphi = -2r_2 K \cos \omega_2 t;$$

$$V_1 = \frac{dx}{dt} = r_1 \omega_1 \sin \omega_1 t; \quad (1)$$

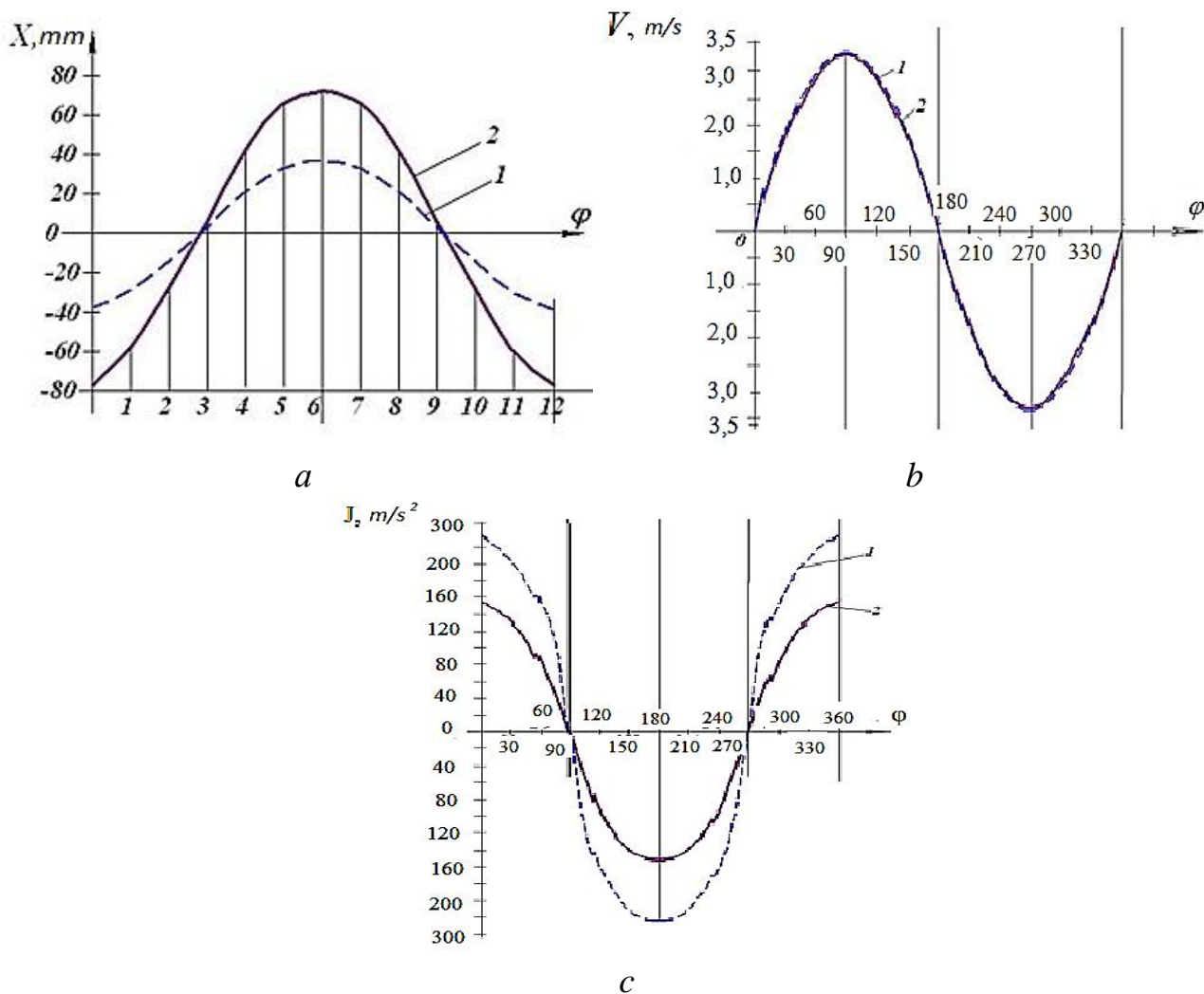
$$V_2 = \frac{dx}{dt} = 2r_2 K \omega_2 \sin \omega_2 t; \quad (2)$$

$$j_1 = \frac{dV_x}{dt} = r_1 \omega_1 \cos \omega_1 t;$$

$$j_2 = \frac{dV_x}{dt} = 2r_2 K \omega_2^2 \cos \omega_2 t;$$

мұндағы r_1, r_2 – кривошип радиустары және ω_1, ω_2 – пышақтың бір және екі еселенген адымымен кесу аппараттарының қос иінді жылдамдығының бұрыштық жылдамдығы.

2-суретте иінді бұрылу бұрышына байланысты бір және екі адымды кескіш аппарат пышағының қозғалысы X , жылдамдығы V және үдеуі J графигі келтірілген (1 – пышақтың бір адымды жүрісімен; 2 – пышақтың екі еселік адымды жүгірісімен).



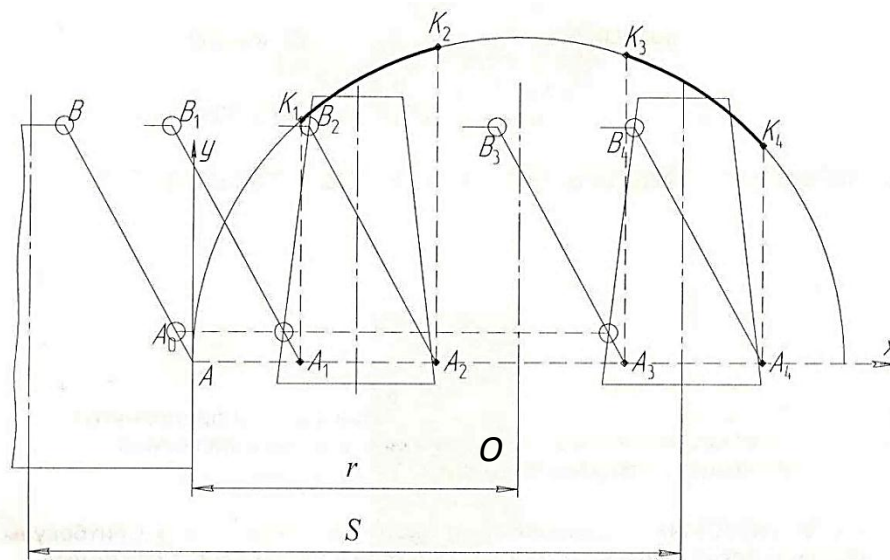
Сурет 2 - Иінді бұрылу бұрышына байланысты пышақтың X , V жылдамдығы және J үдеуінің қозғалыс графигін біріктіру

Иінді жиілігінде $n_1=840 \text{ мин}^{-1}$ бір адымды пышақтың максималды жылдамдығы $V_1=3,34 \text{ м/с}$, ал максималды үдеу $J_1=293,7 \text{ м/с}^2$; иінді біліктің айналу жиілігінде екі адымды кескіш машина үшін $n_2=423 \text{ мин}^{-1}$ пышақтың максималды жылдамдығы $V_2=3,3 \text{ м/с}$, ал максималды үдеу $j_2=150,0 \text{ м/с}^2$, яғни инерциялық жүктемелер шамамен 2 есе азаяды.

Сабақтардың кесу жылдамдығын және иінді біліктің жылдамдығын анықтау

Өсімдіктерді сапалы кесу үшін: шөптерге кесу жылдамдығы кемінде $2,15 \text{ м/с}$, дәнді дақылдарға $1,5 \text{ м/с}$ қажет екендігі анықталды. Сабақтардың кесу жылдамдығы пышақтың жылжу жылдамдығымен анықталады.

Екі адымды кескіш аппарат үшін сабақтардың кесу жылдамдығын анықтау үшін қарама-қарсы пластиналардың, саусақтардың контурлары (3-сурет), сондай-ақ сегменттің контурлары, оның ең шеткі орналасулардың бірінде контурларды белгіленді. Осыдан кейін пышақтың кез-келген нүктесінің жылдамдық диаграммасын құрамыз. Н.И. Кленин әдісі бойынша, таңдалған A нүктесінен $AO=r$ кесіндісін бөлек қалдырамыз және O нүктесінен r радиусымен шеңбер сызамыз [19, 24].



Сурет 3 - Пышағы екі адымды қалыпты кесу аппараты үшін кесу жылдамдығының диаграммасы

Кесудің басталуы A_0 нүктесі (пышақтың жұмыс бөлігінің басы) қарама-қарсы тақтайшаның пышағымен байланысқан кезде пышақтың $A_1 B_1$ орналасуына сәйкес болады.

Пышақтың $V_{H_H}^1$ жылдамдығы кесудің басталу жылдамдығы деп аламыз.

Кесудің аяқталуы B нүктесі қарама-қарсы тақтайшаның пышағымен байланысқан кезде сегменттің $A_2 B_2$ орналасуына сәйкес болады. Жылдамдық мәні μ масштабындағы $A_1 K_1$, және $A_2 K_2$ ординатасының көбейтіндісіне тең болады, яғни:

$$V_{H_H}^1 = A_1 K_1 \mu; \quad V_{H_K}'' = A_2 K_2 \cdot \mu. \quad (3)$$

Пышақтың қозғалыс жылдамдығы $V = 2 \cdot K \cdot \omega r$ тең болғандықтан, максималды жылдамдық сәйкесінше r -ге тең болады, сонда $\mu = 2 k \omega$ тең болады.

4-суретте пышағы екі адымды кесу аппараты үшін кесу жылдамдығының диаграммасы салынған. Бұл аппаратта бір адымда сегмент ортаңғы және шеткі саусақтардың сабақтарын кесіп өтеді, ал ортаңғы және шеткі саусақтардың жылдамдығы мен кесілуі V_{H_H}' және V_{H_H}'' сәйкесінше мынаған тең:

$$V_{H_H}' = A_1 K_1 \mu; \quad V_{H_H}'' = A_3 K_3 \mu. \quad (4)$$

ал кесудің аяқталу жылдамдығы:

$$V'_{H_k} = A_2 K_2 \mu; \quad V''_{H_k} = A_4 K_4 \mu. \quad (5)$$

Кесу тұрақсыз жылдамдықпен жүреді, яғни кесудің басында және соңында жылдамдықтар тең болмайды. Соңғы саусақтың кесу жылдамдығы V''_{H_k} аз. Төмен жылдамдық болғанда кесу аппаратының шөпті кесуі де қанағаттанарлықсыз болады және бітелуі мүмкін. Бұл құрылғылардың қажетті жұмысын қамтамасыз ету үшін кесу буындағы саңылауларды мұқият реттеу қажет.

Өсімдіктерді жоғары сапалы кесу жағдайында, шөптерді кесудің минималды жылдамдығы $V''_{H_k} = 2,15$ м/с, иінді біліктің қажетті айналу жиілігін төмендегі формула бойынша анықтаймыз [25]:

$$n = \frac{V''_{H_k} \cdot 30}{S}. \quad (6)$$

Өсімдіктердің сапалы кесілуі үшін пышағы екі адымды шөп шапқышқа арналған иінді біліктің минималды жылдамдығы $n_2=420$ мин⁻¹ болуы керек. Тиісінше, пышағы бір адымды шөп шапқыш үшін минималды айналу жылдамдығы $n_1=840$ мин⁻¹ болған кезде өсімдіктердің кесілуі сапалы болады.

Бір пышақтың алдында екі жақты Кескіш машиналардың артықшылығы.

Кескіш аппараттардың қолданыстағы конструкциялары үшін бір адымнан екі еселік адымға ауыстыру кезінде бұрыштық жылдамдықтар қатынасы А.Ф. Поповтың формуласы бойынша анықталады [17]:

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\pi n_2 / 30}{\pi n_1 / 30} = \frac{n_2}{n_1} = 0,5, \quad (7)$$

Екі адымды кескіш аппараттың жұмыс сапасы бір адымды аппаратпен бірдей болуы үшін бойлық иіндердің теңдігін сақтау қажет [17]:

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{A_2}{A_1}, \quad (8)$$

мұндағы $h_1 = \frac{V_M}{\omega_1} \pi$ – пышақтың берілісі; A_1 – бір адымды кескіш аппаратқа арналған

шөп кесу биіктігінің коэффициенті, h_2 және A_2 – екі адымды. $A_1=1,25$ және $A_2=0,78$.

Бұрыштық жылдамдықтар арасындағы қатынас:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{0,78}{1,25} = 0,62, \quad (9)$$

бұдан $h_2 = 1,6h_1$.

Осылайша, екі адымды жүгіретін кескіш машинаның берілісі 1,6 есе артуы мүмкін.

Пышағы бір адымды кесу аппараттын екі адымға ауыстырған кезде бұрыштық жылдамдық төмендейді және инерция күші азаяды. Кесу аппараттын бірдей ұстау кезінде пышағы екі адымды аппараттың пышағының инерция күштерінің төмендеуін төмендегі қатынаспен сипаттауға болады [15]:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{m_2 \omega_2^2 S}{m_1 \omega_1^2 \frac{S}{2}}, \quad (10)$$

мұндағы P_2 – екі адымды пышақтың инерция күші, Н;

P_1 – бір адымды пышақтың инерция күші, Н;

m_1 – бір адымды пышақтың салмағы, кг;

m_2 – екі адымды пышақтың массасы, кг.

$m_1 = m_2$ болған кезінде (10) қатынасы келесі түрде болады:

$$\frac{P_2}{P_1} = 2 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2, \quad (11)$$

$\frac{\omega_2}{\omega_1} = 0,5$ болғанда:

$$P_2 = 0,5 P_1 \quad (12)$$

Осыдан келіп шығатыны, инерция күштері бірдей болған кезде екі адымды кескіш аппараттың алым ені бір адымды аппараттың алым енімен салыстырғанда ұлғайтылуы мүмкін.

Бірдей массасы 1 алым м болатын L_2 алым келесі теңдікпен анықталады [17]:

$$L_2 = L_1 \frac{1}{2} \left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2 = 2L_1 \quad (13)$$

Екі жүрісті аппараттың үйкеліс күштерін еңсеру үшін қажетті қуатты пышақтың бір адымды кескіш аппараты үшін қуат деңгейінде қалады:

$$\frac{S_2 n_2}{S_1 n_1} = 1,0 \quad (14)$$

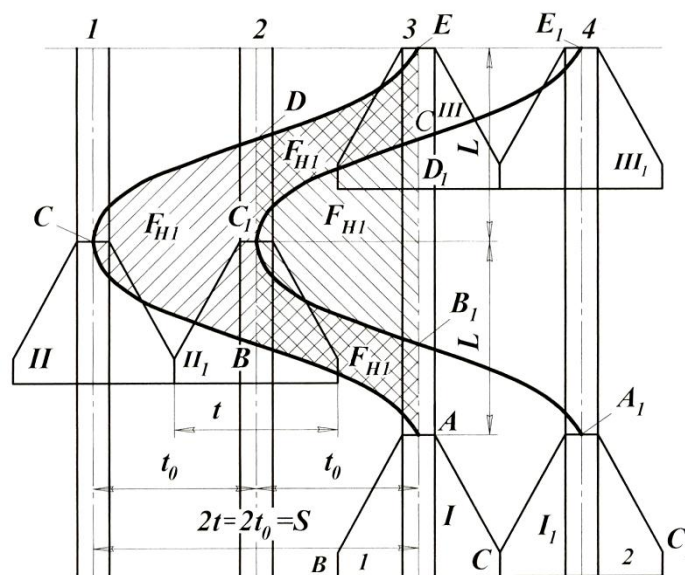
Беріліс алаңы және жүктеме алаңы.

Пышақтың бір адыда өсімдіктер сегментпен кесілген өрістің ауданы беріліс алаңы деп аталады және ол F деп белгіленеді.

Шөпті бір саусақта сегментті пышақтың бір соққысымен кесетін өрістің ауданы жүктеме ауданы деп аталады және ол F_n деп белгіленеді. Пышағы бірадымды қалыпты кесу аппараттарының беріліс ауданы мен жүктемесін анықтау Н.И. Кленин, И.Ф. Попов, В.А. Сакунның жұмыстарында егжей-тегжейлі сипатталған [17, 19].

Қалыпты кесу машинасының беріс аймағын және жүктеме ауданын анықтау үшін Н.И. Кленин ұсынған әйгілі құрастыру әдістемесін қолданамыз [18].

1 сегментінің төбесі (5-сурет) иінді бір айналымға бұрған кезде $ABCDE$ қисығын анықтайды. II позициядан III позицияға ауысқан кезде 1-сегмент сәйкесінше 2 және 3 саусақтарда BCD және DED_1C_1 алаңдарында өсімдіктерді кесіп өтеді [18].



Сурет 4 - Екі адымды пышақтың қалыпты кесу аппаратының беру алаңы және жүктеме алаңы.

ABC_1B_1 алаңынан өсімдіктерді 2-ші сегмен, ортаңғы саусақта 2-ші, пышақ I позициядан II позицияға, ал $B_1C_1D_1$ алаңынан пышақтың кері жүрісі кезінде 3-ші шеткі саусақта кесіп өтеді.

Суреттен көрініп тұрғандай, учаскелердің алаңдары жүктеме ауданына тең:

$$S_{BCD} = S_{B_1C_1D_1} = F'_{H_1},$$

$$S_{ABC_1B_1} = S_{C_1D_1E_1} = F'_{H_2}.$$

Бірінші саусақтағы жүктеме ауданы

$$F'_{H_1} = 0,32Ls, k'_1 = 0,32, \quad (15)$$

екінші саусақта

$$F'_{H_2} = \frac{Ls}{2} - F'_{H_1} = 0,18Ls, k'_2 = 0,18, \quad (16)$$

Кесуге қарсылық күші жүктеме аймағының көлеміне байланысты.

Жетілдірілген жетегі бар КС-2,1 Ж далалық зерттеу нәтижелері.

"Агроинженерия ҒӨО" ЖШС зауытында КС-2,1 Ж жетілдірілген жетегі бар бір білікті аспалы шөп шапқыштың эксперименттік үлгісі әзірленді (5-сурет) [12].

Шөп шапқыштың негізгі бөліктері: іліну жақтауы, ұзартқышы бар зембіл, шөп бөлгіштері бар кескіш машина, тартқыш сақтандырғыш, саусақты тақтаны көтеруге арналған тартқыш, гидромеханика және жетек. Рамасы трактордың бекітілген жүйесіне бекітуге арналған кронштейндері бар үш иықты тұтқадан тұрады. Онда кескіш аппараты трактордың габаритінен және тартқыш сақтандырғыштан ығыстыруға арналған зембіл орнатылады.

Қалыпты кесетін кескіш аппарат трактордың оң жағындағы артқы ілгіште орналасқан. Жұмыс кезінде кескіш аппаратының саусақтары болат жүгіргіштері бар ішкі және сыртқы тіреуіш шаңғыға сүйенеді.

Пышақтар трактордың қуатын іріктеу білігінен кардан және сына белбеуінің берілісі және шөп шапқыштың жетек механизмі арқылы қозғалады. Қозғалыс кезінде өсімдіктер сегменттер мен саусақтардан тұратын кесу аппаратымен кесіледі. Сегменттер тербелмелі қозғалыстар жасау арқылы пышақтың бір адымында саусақтардың арасына түсекең өсімдіктерді кеседі.



Сурет 5 - КС-2,1 Ж шөп шапқышы жұмыс барысында, әр түрлі шөптерді шабуы

Шөп шапқыштың жұмыс сапасын сипаттайтын көрсеткіштер келесі жылдамдықпен алынды: жоңышқа шабу кезінде – 1,56 м/с, шөпті шабу кезінде – 1,6 м/с. Эксцентрлік біліктің айналу жиілігі 400...420 мин⁻¹.

Қорытынды

Векторлық контурлар әдісімен пышақтың қозғалысының аналогтарын, бір және екі адымды жүрістің қозғалыс жылдамдығы мен үдеуін анықтау үшін аналитикалық теңдеулер алынды.

1. Сегментті-саусақты шөп шапқыштың кескіш аппаратының жетек механизм құрылымы және технологиялық схемасы негізделді, онда қатты байланыстырушы өзек жоқ және кескіш пышақтың екі адымды жүгірісі иінді радиусы пышақтың жүруінен 4 есе аз.

2. Өсімдіктерді сапалы кесу жағдайына сүйене отырып, шөптерді кесудің минималды жылдамдығы $V_{нк}=2,15$ м/с, иінді біліктің минималды айналу жиілігі $n=423$ мин⁻¹ анықталды. Пышақтың екі адымды қалыпты кесу шөп шапқышының беріліс аймағы мен жүктеме аймағы анықталды. Қалыпты кесу аппаратымен пышақтың екі адыммен шабу кезінде сабақ биіктігінің диаграммасы жасалды.

3. Пышағы екі адымды шөп шапқыштың кесу аппараты үшін қажетті қуатты анықтауға аналитикалық тәуелділіктер алынды. Шөп шапқыштың жұмыс органдарының жетегіне қажетті қуат: бос жүру кезінде – 0,8-1,22 кВт, ал шөптерді шабу кезінде 1,9-2,8 кВт.

4. Теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері бойынша жетілдірілген жетегі бар шөп шапқыштың негізгі параметрлері негізделді: алым ені – 2,1 м; пышақ жүрісі – 152,4 мм; саусақтар арасындағы қадам – 76,2 мм; иінді біліктің айналу жиілігі – 423-460 мин⁻¹; жұмыс жылдамдығы – 9 км/сағ дейін.

5. Бір және екі адымды сегментті-саусақпен кескіш аппараты бар шөп шапқыштың параметрлерін есептеу әдістемесі жасалды. Екі адымды пышақтың кескіш аппаратында иінді біліктің айналу жиілігін кем дегенде 2 есе азайтуға болатындығы анықталды, демек пышақтың инерция күштері 2 есе азайды, берілістің 1,6 есе көбейуі есебінен машинаның жылдамдығы артады.

Тақырып бойынша әрі қарайғы зерттеулердің ықтимал перспективалары кернеуді күнделікті реттеуді болдырмайтын, шынжырды (цепи) тамшылап майлауды қамтамасыз ету бойынша жұмыстарды жүргізу болып табылады.

Осы зерттеу жұмысын Ғ.С.Жұматай "Агроинженерия ҒӨО" ЖШС-де Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің тапсырмасы бойынша, 042 "Агроөнеркәсіптік кешен саласындағы қолданбалы ғылыми зерттеулер" ғылыми-техникалық бағдарламасына сәйкес, 10.02.02.01 "Жемшөп дайындауға арналған машиналар технологиясы мен кешенін әзірлеу" бағытында орындалды.

Әзірleme авторлары, техника ғылымдарының кандидаты Ғ.С.Жұматай мен профессор О. Жортуыловқа жаңа жетілдірілген жетегі бар, пышағы екі адымды шөп шапқыштың параметрлерін зерттеу бойынша ұсынылған материалдар мен кеңестері үшін, сондай-ақ Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығының қызметкерлеріне, мақаланың авторы болып табылмайтын, бірақ олардың көмегімен зерттеу жүргізген инженерлік-техникалық қызметкерлерге алғысымызды білдіреміз.

Әдебиеттер тізімі

1. Тореханов А.Э. Мал азығы өндірісін дамыту жолдары// Жаршы «Бастау» ЖШС.– Алматы, 2007.– 29-37 б.
2. Особов В.И., Васильев Г.К. Сеноуборочные машины и комплексы. –М: Машиностроение, 1983. – 304 с.
3. Логистика в кормопроизводстве // Новое сельское хозяйство.– 2003.– №1.– С.16-20.
4. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины.– М.:Колос, 2004.– С.249-260.
5. Комплексная механизация кормопроизводства / под ред.Долгова И.А.– М.:ВО «Агропромиздат», 1987.– 351 с.

6. Наши косилочные машины: каталог.– Республика Беларусь: Биоком технология: www.biocomtechnology.by.
7. Адильшеев А.С., Жортуылов О. Исследование кинематики механизма с гибкими упругими звеньями двухножевого режущего аппарата травяной жатки // Механизация на земледелие.– 2015.– №1.– С.6-8.
8. Косилка дуплексная КД-210 “Бобруйксельмаш” / Duplex mower
9. Дроздов Н.И. Исследование процесса резания трав и зерновых культур режущими аппаратами уборочных машин / Труды ВИСХОМ.– М., 1961.– 301с.
10. Рустамов С.И. Физико-механические свойства растений и совершенствование режущих аппаратов уборочных машин.– Киев-Донецк «Вища школа», 1981.– 170 с.
11. Босой Е.С. Теория, конструкция и расчет с.х. машин /под ред.Е.С.Босого.– М.:Машиностроение, 1978.– 268 с.
12. Жортуылов О.Ж., Адильшеев А.С., Жуматай Г.С. Шөпшапқыштың екіадымды пышағының жетек механизмінің параметрлерін негіздеу// Жаршы, Алматы, 2008. №8. □61-63 Б.
13. Бобович И.С., Костюченко В.М. К исследованию механизмов с упругим замкнутым контуром для привода ножей косилки // Научные труды Казахского СХИ.– 1974.– т.XVII.– вып.4.– С.96-102.
14. Адильшеев А.С. Научно-технические основы разработки механизмов привода режущих аппаратов уборочных машин.–Алматы: AD Time,2017.– 159 с.
15. Жуматай Г.С. Обоснование параметров и разработка привода режущего аппарата косилки с двойным пробегом ножа: автореф. дисс...канд.техн.наук.– Алматы,2010.– 26 с.
16. Суранчиев М.Т. Обоснование параметров механизма привода режущего аппарата фронтальной косилки с подвижным пальцевым брусом: автореф. дисс. ... канд.техн.наук: 05.20.01.– Алматы, 2006.– 24 с.
17. Попов И.Ф. Машины для уборки трав на сено.– М.:М.:Машгиз,1978.– 268 с.
18. Кленин Н.И., Попов И.Ф., Сакун В.А. Сельскохозяйственные машины: элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы - М. : Колос, 1970.– С.208-240.
19. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины.– М.: Колос, 1980.– С.302.
20. Зиновьев В.А. Курс теории механизмов и машин.– М.: Наука, 1972.– 384 с.
21. Косилка пальцевая навесная КПН-2,1: Бердянский завод сельхозтехники: <https://docplayer.ru/47750526...zavod-selhoztehniki.html>.
22. Инновационный патент 26421 Республика Казахстан, А01D 34/30, А01D 34/33. Механизм привода режущего аппарата косилки и жатки / Жортуылов О.Ж., Евтифеев А.Т., Алексеек А.А., Адильшеев А.С., Бекенов У.Е.; заявитель и патентообладатель: ТОО «КазНИИМЭСХ.– # 2011/1293.1; заявл. 12.12.2011;опубл. 14.02.2012.– Бюл.№ 2. – 4 с.
23. Инновационный патент 29916 Республика Казахстан, А01D 34/00, А01D 34/03. Сегментно-пальцевая косилка / Жортуылов О.Ж., Адильшеев А.С., Евтифеев А.Т., Алексеек А.А., Бекенов У.Е.; заявитель и патентообладатель: ТОО «КазНИИМЭСХ.– № 2013/1928.1; заявл. 23.12.2013; опубл. 15.06.2015.– Бюл.№ 6. – 10 с.
24. Резников Л.А., Ещенко В.Т. Дьяченко Г.Н. Основы проектирования и расчет сельскохозяйственных машин.– М.: Агропромиздат, 1991.– С.225-257.

References

1. Torekhanov A.E. Ways of development of feed production // Zharshy "Bastau" LLP.-Almaty, 2007.- 29-37 p.
2. Osobov V.I., Vasiliev G.K. Hay harvesting machines and complexes. -Moscow: Mechanical Engineering, 1983. - 304 p.

3. Logistics in feed production // New agriculture.- 2003.- No. 1.- pp.16-20.
4. Khalansky V.M., Gorbachev I.V. Agricultural machines.- M.:Kolos, 2004.- pp.249-260.
5. Complex mechanization of feed production / ed.Dolgova I.A.- M.:IN "Agropromizdat", 1987— 351 p.
6. Our mowing machines: catalog.- Republic of Belarus: Biocom technology: www.biocomtechnology.by.
7. Adilsheev A.S., Zhortuylov O. Investigation of the kinematics of a mechanism with flexible elastic links of a two-legged cutting apparatus of a grass harvester // Mechanization in agriculture.- 2015.- No.1.- p.6-8.
8. Duplex mower CD-210 "Bobruiskselmash" / Duplex mower
9. Drozdov N.I. Investigation of the process of cutting grasses and grain crops by cutting machines of harvesting machines / Proceedings of VISKHOM.- M., 1961— 301p.
10. Rustamov S.I. Physico-mechanical properties of plants and improvement of cutting machines of harvesting machines.- Kiev-Donetsk "Vishcha shkola", 1981.- 170 p.
11. Bosoy E.S. Theory, design and calculation of agricultural machines /ed. by E.S.Bosoy.- M.:Mashinostroenie, 1978.- 268 p.
12. Zhortuylov O.Zh., Adilsheev A.S., Zhumatay G.S. Justification of the parameters of the drive mechanism of the mower with a double stroke of the knife // Zharshy, Almaty, 2008. №8. 61-63 p.
13. Bobovich I.S., Kostyuchenko V.M. To the study of mechanisms with an elastic closed loop for driving mower knives // Scientific works of the Kazakh Agricultural Institute.- 1974.- vol.XVII.- vol.4.- p.96-102.
14. Adilsheev A.S. Scientific and technical foundations of the development of drive mechanisms for cutting machines of harvesting machines.-Almaty: AD Time, 2017.- 159 p.
15. Zhumatay G.S. Justification of parameters and development of the drive of the cutting device of the mower with a double knife run: abstract. diss...Candidate of Technical Sciences.- Almaty, 2010.- 26 p.
16. Suranchiev M.T. Substantiation of the parameters of the drive mechanism of the cutting device of a frontal mower with a movable finger bar: abstract. diss. ... Candidate of Technical Sciences: 05.20.01.- Almaty, 2006.- 24 p.
17. Popov I.F. Machines for harvesting herbs for hay.- M.:Mashgiz, 1978— 268 p.
18. Klenin N.I., Popov I. F., Sakun V.A. Agricultural machines: elements of the theory of work processes, the calculation of the adjustment parameters and modes of operation - M.: Kolos, 1970.— P. 208-240.
19. Klenin N.I., Sakun V.A., Agricultural and reclamation machines.— M.: Kolos, 1980.— P.302.
20. Zinoviev V.A. Course in the theory of mechanisms and machines.— M.:Nauka, 1972.- 384 p.
21. Mounted finger mower KPN-2.1: Berdyansk Agricultural Machinery Plant: <https://docplayer.ru/47750526...zavod-selhoztehniki.html>.
22. Innovation patent 26421 Republic of Kazakhstan, A01D 34/30, A01D 34/33. The mechanism of the drive of the cutting device of the mower and harvester / Zhortuylov O., Evtifeev A.T., Alekseev A.A., Adilsheev A.S., Bekenov U.E.; applicant and patent holder: KazNIIMESH LLP.- № 2011/1293.1; application 12.12.2011; publ. 14.02.2012.- Byul.No. 2— 4 p.
23. Innovation Patent 29916 Republic of Kazakhstan, A01D 34/00, A01D 34/03. Segmental-finger mower / Zhortuylov O., Adilsheev A.S., Evtifeev A.T., Alekseev A.A., Bekenov U.E.; applicant and patent holder: KazNIIMESH LLP.- No. 2013/1928.1; application 23.12.2013; publ. 15.06.2015.- Byul.No. 6. - 10 p.
24. Reznikov L.A., Eshchenko V.T. Dyachenko G.N. Fundamentals of design and calculation of agricultural machines. - M.: Agropromizdat, 1991.- P.225-257.

К. Калым¹, Г.С. Жуматай², О. Камалханов¹

¹ Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Республика Казахстан, abdirahim_334@mail.ru, Orazali1504@gmail.com*

² Научно-производственный центр агроинженерии, Алматы, Республика Казахстан, gani_shek@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ПРИВОДА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА КОСИЛКИ С ДВОЙНЫМ ПРОБЕГОМ НОЖА

Аннотация

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований по разработке и обоснованию параметров и режимов работы механизма привода режущего аппарата косилки с двойным ходом ножа.

Разработана конструктивно-технологическая схема приводного механизма режущего аппарата косилки сегментно-пальцевого типа, в которой предусмотрен двойной ход ножа режущего аппарата. Были получены аналитические зависимости для определения движения ножа, скорости и ускорения. По результатам теоретических и экспериментальных исследований были обоснованы основные параметры механизма привода косилки. Исходя из условия качественного среза растений, при минимальной скорости среза травы, была определена минимальная частота вращения коленчатого вала. Путем расчета определяется площадь подачи и площадь нагрузки среза для нормальной резки с двойным разрезом ножа. Аналитические зависимости были получены для определения мощности, необходимой для приведения в действие режущего бруса косилки с двойным ходом лезвия. По результатам исследований обоснованы основные параметры косилки с улучшенным приводом. Определена частота вращения коленчатого вала режущего аппарата с двойным ходом ножа. В ТОО «Научно-производственном центре агроинженерии» изготовлен экспериментальный образец и проведены предварительные испытания приводного механизма, определены агротехнические и энергетические показатели работы косилки.

Ключевые слова: сенокосилка, привод, режущий аппарат, люцерна, косилка, нож, скорость, кривошип.

K.Kalym¹, G. S. Zhumatay², O.Kamalkhanov¹

¹ Kazakh National Research Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan, abdirahim_334@mail.ru, Orazali1504@gmail.com*

² Research and production center of Agroengineering, Almaty, Republic of Kazakhstan, gani_shek@mail.ru

RESULTS OF THE STUDY OF THE DRIVE MECHANISM OF THE CUTTING MACHINE OF THE MOWER WITH A TWO-STROKE KNIFE STROKE

Abstract

This article presents results of experimental research on development and substantiation of parameters and operating modes of the drive mechanism of the cutting apparatus in mower with a double knife run.

A structural and technological diagram of the drive mechanism of the cutting device of the segment-finger type mower has been developed, in which a double run of the cutting device knife is provided. Analytical relationships were obtained to determine the movement of the knife stroke, speed and acceleration. Based on the results of theoretical and experimental studies, the main parameters of the mower drive mechanism were substantiated. Based on the condition of a high-quality cut of plants, at a minimum cutting speed of grass, the minimum rotation frequency of the crank shaft was determined. By calculation, the feed area and the load area of the cutter for normal cutting with a double cut of the knife are determined. Analytical relationships were obtained to

determine the power required to drive the cutterbar of a mower with a double blade run. Based on the research results, the main parameters of the mower with an improved drive are substantiated. The rotation frequency of the crankshaft of the cutting machine with a double stroke of the knife is determined. An experimental sample was made in LLP "Scientific production center of agricultural engineering" and preliminary tests of the drive mechanism were carried out, the agrotechnical and energy performance of the mower were determined.

Key words: mower, drive, cutter, alfalfa, mower, knife, speed, crankshaft.