Виконавчі механізми укладальних машин в лініях фасування (шляхи модернізації)

А.П. Беспалько, к.т.н, Г.Р. Валіулін, к.т.н, М.В. Якимчук, к.т.н, В.С. Костюк, к.т.н., Національний університет харчових технологій, м. Київ

Сегмент харчової галузі промисловості, де пакують рідкі продукти в скляні пляшки, доволі значний за обсягом і широким спектром підприємств за продуктивністю — від окремих невеликих цехів до крупних корпорацій, де лінії пакування готової продукції — це досить складні технологічні та технічні системи.

В сучасних умовах комплексної механізації, автоматизації, а на передових підприємствах і роботизації технологічних та кінцевих операцій, такі лінії прийнято називати транспортно-технологічними системами (ТТС). Мається на увазі комплекс машин та пристроїв з гнучкими транспортними зв'язками.

Циклічність роботи окремих складових таких систем (вкладальна техніка та ін.) неминуче призводить до того, що ключовою ланкою з продуктивності стає фасувально-закупорювальна техніка. В такому разі решта машин системи для забезпечення номінальної продуктивності ключової ланки повинна проектуватись з урахуванням коефіцієнта запасу продуктивності. За деякими оцінками [1] для окремих пристроїв такий коефіцієнт може досягати 15–20 %.

Однією з найбільш вагомих ланок ТТС, що потребує під час проектування введення значного коефіцієнта запасу продуктивності, є машини вкладання закупорених скляних пляшок в транспортну тару. Загалом ТТС, де фасуються рідкі продукти в скляну споживчу тару, характеризуються значним обсягом навантажувально-розвантажувальних, перевалочних та інших операцій з тарою (споживчою і транспортною) та готовими виробами. Левова частка трудовитрат, метало- та енергоємкості випадає при цьому на обладнання з виконання операцій вкладання упакованої продукції в транспортну тару та інших супровідних операцій. Адже вага скляної пляшки майже співмірна з вагою фасованої в неї рідини. Вплив цього чинника зростає при намаганні збільшити продуктивність ТТС. Продуктивність понад 12 тис. пляшок/год вважається значною, але сьогодні цей факт уже буденний. Ще близько десяти років тому в Україні вже функціонувало більше десятка підприємств з продуктивністю ліній фасування в 50 тис. пляшок/год, а в нинішній світовій практиці навіть продуктивність в 100 тис. пляшок/год вже не є ексклюзивним явищем.

Таким чином, перед конструкторами та винахідниками актуальним постає комплексне завдання щодо створення обладнання для вкладання готової продукції в скляних пляшках в транспортну тару на сучасному рівні:

- зменшення метало- та енергоємкості;
- суміщення перших двох вимог з вимогою досягнення максимально доступної продуктивності ТТС.

Шлях до вирішення цього комплексного завдання значною мірою залежить від модернізації, вдосконалення, якщо говорити про машини вже відомих конструкцій і принципів дії, а також від пошуку рішень на рівні hi-tech. Путівником при цьому мають бути фахові оцінки щодо стану питання з розвитку пакувальної техніки взагалі. За експертними прогнозами в пакувальній індустрії в перспективі очікуються п'яте й шосте покоління пакувальних машин, якщо врахувати, що четверте покоління в світовій практиці використовується вже зараз [2]. Це програмовані машини автоматичної дії. Окремі елементи пакувальних машин п'ятого покоління простежуються нині в машинах четвертого покоління (автоматичне самоналагодження зі зміною параметрів процесу пакування і самодіагностування).

Так як створення пакувального обладнання нового покоління — процес доволі тривалий, потребує потужної наукової складової, то одночасно з цим фахівцям слід розробляти на основі відомих наукових даних та патентів параметричні ряди машин певного класу в аспекті реконструкції, модернізації з метою досягнення позитивних змін, що привели б до вирішення зазначеного комплексного завдання.

Конкретним кроком у цьому напрямку є запровадження технології проектування машин для вкладання скляних пляшок з харчовою продукцією в транспортну тару на основі мехатронних модулів [3]. Поряд із цим необхідно розробляти нові варіанти принципових та структурних схем суто механічної складової машин. Під час аналізу стану питання дієвим інструментом вважається класифікація відомих різновидів і модифікацій певного класу машин. Класифікація вкладальників пляшок з рідкими харчовими продуктами в транспортну тару представлена на рис. 1.

На сьогодні найбільш розповсюдженими й ефективними з погляду продуктивності є машини зі способом вкладання за допомогою захоплювальних головок. На початку їх впровадження (70-ті рр. минулого сторіччя) продуктивність вкладальників напряму залежала від кількості захоплювальних головок в структурній схемі машини: 1 головка — 6 тис. пляшок/год, 2 — 12 тис., 4 — 24 тис. [4].

Проте досвід проектування та експлуатації вкладальних машин із захоплювальними головками свідчить, що їх модернізація шляхом збільшення кількості головок з метою підвищення продуктивності не є раціональною, бо призводить до нарощування габаритів, метало- та енергоємкості. З другого боку намагання досягти підвищення продуктивності за рахунок збільшення

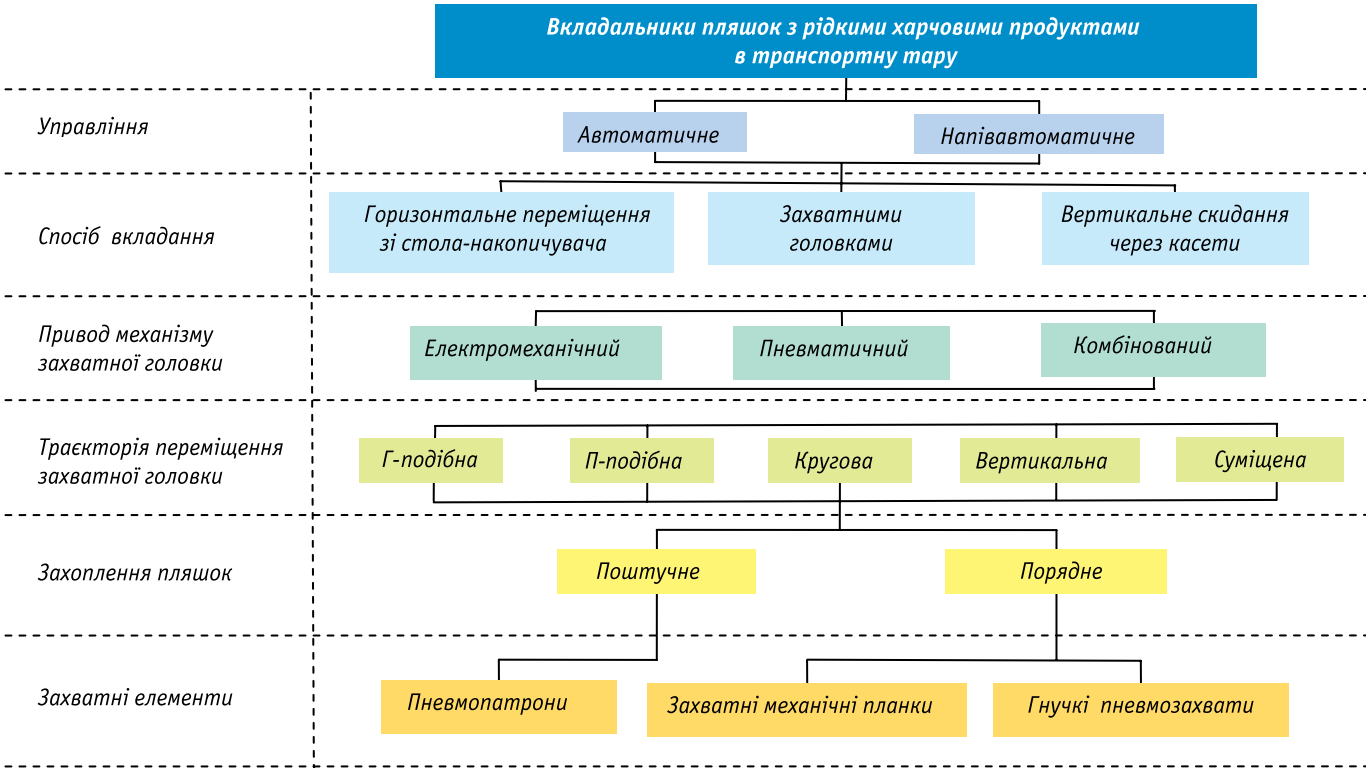

Рис. 1. *Класифікація машин для вкладання пляшок з рідкою продукцією в транспортну тару*

швидкості переміщення головки від місця захоплення масиву пляшок до позиції вкладання його в ящик спричиняє появу небажаних за величиною динамічних складових навантажень робочих органів і самого товару. І, як показує аналіз [4], це характерно для машин з будь-якою траєкторією переміщення головки.

Еволюція вкладальників із захоплювальними головками ось уже понад 40 років відбувається через пошук найбільш раціональних форм траєкторій переміщення головок під час процесу укладання, починаючи з П-подібної. На сьогодні налічується 5 видів траєкторій переміщення захоплювальних головок під час вкладання пляшок (рис. 1).

Чинник способу переміщення захоплювальної головки і на сьогодні є ключовим, адже пов'язаний з динамічними явищами, котрі виникають під час роботи машини, з наявністю і кількістю холостих ходів робочих органів, можливістю суміщення операцій, а отже, з раціональною циклограмою роботи машини і як наслідок — зменшення її метало- і енергоємкості. Наприклад схема з П-подібною траєкторією переміщення захоплювальної головки — це три холостих ходи (два вертикальних і один горизонтальний), схема з Г-подібною — два, а за схемою, описаною в [5] — один холостий хід. В останньому варіанті траєкторія переміщення захоплювальної головки зведена до руху тільки по вертикалі (хід головки уверх — єдиний холостий) [4].

Таким чином, можна стверджувати, що одним з ефективних шляхів модернізації цього класу машин є відмова від стереотипу переміщення головок складними траєкторіями. Щоправда, при цьому доведеться вводити в структуру машин допоміжні виконавчі механізми, як це, наприклад, пропонується в [4, 5]. Тут не захоплювальна головка «йде» до масиву пляшок, який має вкладатися в ящик, а масив подається до головки окремим, доволі простим важільним механізмом, завдяки чому механізм перемі-

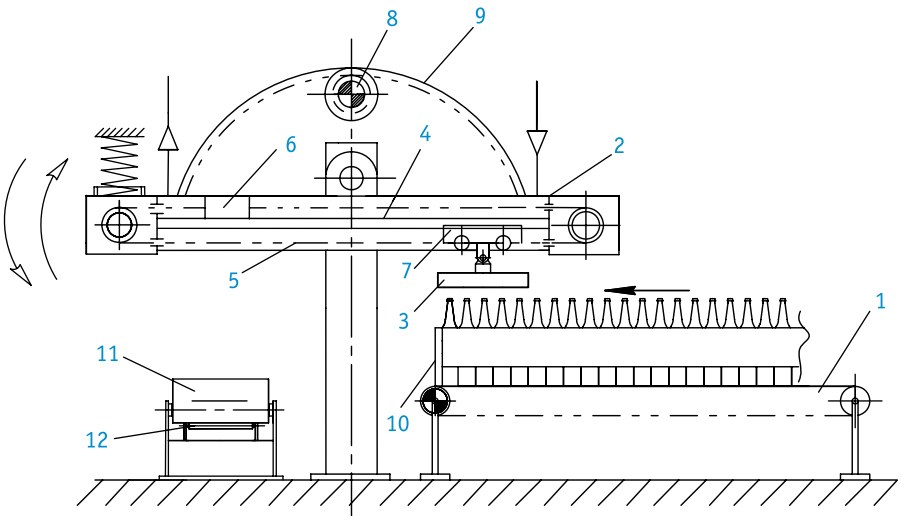

Рис. 2. *Схема укладальної машини з коливальним рухом траверси від відкритої зубчастої передачі*

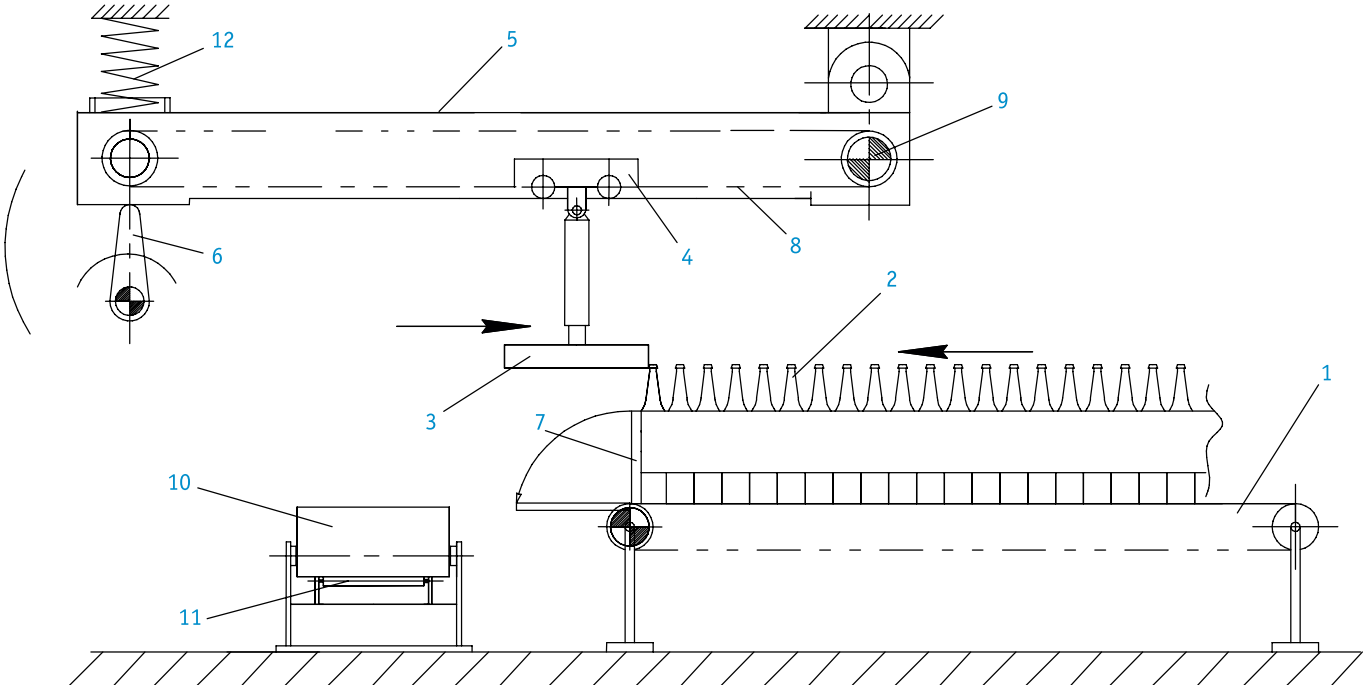

Рис. 3. *Схема укладальної машини з коливальним рухом траверси від приводного профільного кулачка*

щення головки здійснює лише один холостий хід.

Поряд із цим прикладом доречно розглянути й інші можливі варіанти синтезу схем укладання пляшок в транспортну тару, які поки що не охоплені наведеною вище класифікацією на рис. 1, адже пропозиції представлені на рівні патентів України.

На рис. 2, 3 пропонуються схеми укладальних машин, де поступальний рух захоплювальної головки за певною траєкторією замінено коливальним рухом траверси, по якій переміщується механізм захоплювальної головки.

Пристрій за схемою рис. 2 [6] працює таким чином. Масив пляшок, що має вкладатися в ящик, формується з потоку виробів на столі-накопичувачі 1. Траверса 2, що здійснює коливальні рухи в вертикальній площині, тим самим піднімаючи або опускаючи захоплювальну головку 3, несе на собі пневмоцилідр 4 та гнучкий тяговий елемент 5.

При подачі стисненого повітря в праву порожнину пневмоцилідра 4 поршень 6 переміщується ліворуч, а каретка 7 механізму переміщення захоплювальної головки 3 гнучким тяговим елементом 5 переміщується праворуч по траверсі 2. Захоплювальна головка 3 зупиняється над сформованим масивом пляшок. Після цього включається привод відкритої зубчастої передачі і за допомогою шестірні 8 з зовнішнім зубчастим вінцем і зубчастого колеса 9 з внутрішнім зубчастим вінцем правий кінець траверси 2 переміщується у нижнє положення, захоплювальна головка 3 опускається на масив пляшок, відбувається його захват. У цей момент планка 10, що фіксує шар пляшок, стискаючи його, змінює положення, звільняючи пляшки. Далі за командою від відповідних датчиків зубчастий механізм (поз. 8, 9) переводить траверсу в горизонтальне положення, піднімаючи тим самим захоплювальну головку з пляшками. Стиснене повітря подається в ліву порожнину пневмоцилідра 4, поршень 6 переміщується праворуч, каретка 7 з завантаженою пляшками захоплювальною головкою 3 гнучким тяговим елементом 5 переміщується ліворуч по траверсі 2, займає положення над транспортною тарою 11. Зубчастим механізмом 8, 9 траверса 2 лівим кінцем нахиляється донизу, опускаючи захоплювальну головку з пляшками в транспортну тару 11, яка згодом відводиться конвеєром 12.

Описаний варіант принципового влаштування вкладального пристрою надає можливість значно спростити виконавчий мезанізм укладальної машини конструктивно, уникнути проблем, пов'язаних зі складною траєкторією переміщення захоплювальної головки, зменшити динамічні складові навантаження шляхом оптимізації траєкторії руху масиву пляшок.

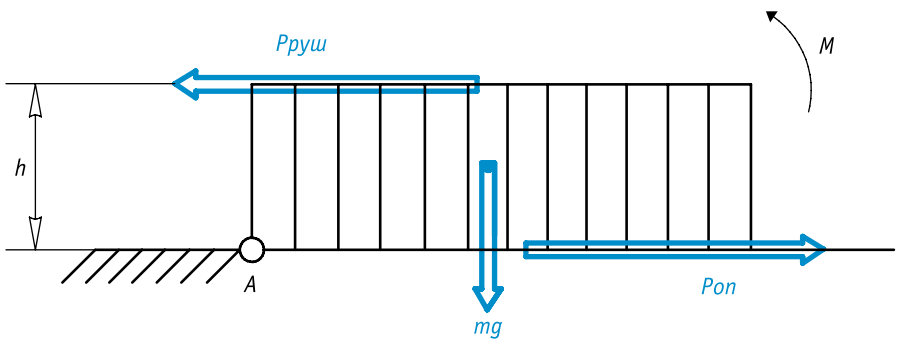

Рис. 4. *Сили, що діють на масив пляшок під час його переміщення*

При цьому створюється можливість зменшення коливання захоплювальної головки і всієї системи, забезпечується безударне укладання пляшок в транспортну тару, доволі точне позиціювання головки як під час захоплення масиву пляшок, так і під час його укладання в транспортну тару.

Запропонована схема укладальної машини є компактною, простою в обслуговуванні, безпечною під час роботи і дає можливість швидкого переналагоджування при переході на інший вид тари. Запровадження такого пристрою дає змогу підвищити продуктивність процесу вкладання пляшок в транспортну тару під час роботи його в автоматичному режимі.

Пристрій за схемою рис. 3 [7] працює таким чином. Сформований на столі-накопичувачі 1 шар пляшок 2 захоплюється захоплювальною головкою 3, яка «наїжджає» на нього, забезпечуючи захоплення пляшки порядно за допомогою механічних планок як захоплювальних елементів. Захоплення шару пляшок здійснюється, коли каретка 4 захоплювальної головки 3 рухається праворуч по консольній траверсі 5, яку при цьому з допомогою профільного приводного кулачка 6 виставлено горизонтально. При цьому планка 7, що фіксує шар пляшок, вивільняє його від стискання. Далі захоплювальна головка 3 тяговим ланцюгом 8 від приводу 9 переміщується ліворуч по консольній траверсі 5. В цей час кулачок 6 починає плавно обертатися за годинниковою стрілкою, а траверса 5 під дією ваги захоплювальної головки 3 з пляшками нахиляється лівим кінцем до порожньої тари 10, що позиційована на полотні відвідного конвеєра 11. При цьому демпферна пружина 12 траверси 5 розтягується. Під час контакту дна пляшок з дном порожньої транспортної тари пляшки за командою датчика відпускаються, а звільнена від пляшок захоплювальна головка 3 з допомогою кулачка 6 та пружини 12 піднімається вгору разом з траверсою 7, яка займає горизонтальне положення. Далі цикл повторюється. Характеристика цієї схеми аналогічна викладеній на рис. 2.

Наведені схеми укладальних машин можуть бути впроваджені при модернізації виконавчих механізмів укладальних машин за використанням різних видів як споживчої тари для фасування харчової продукції, так і транспортної.

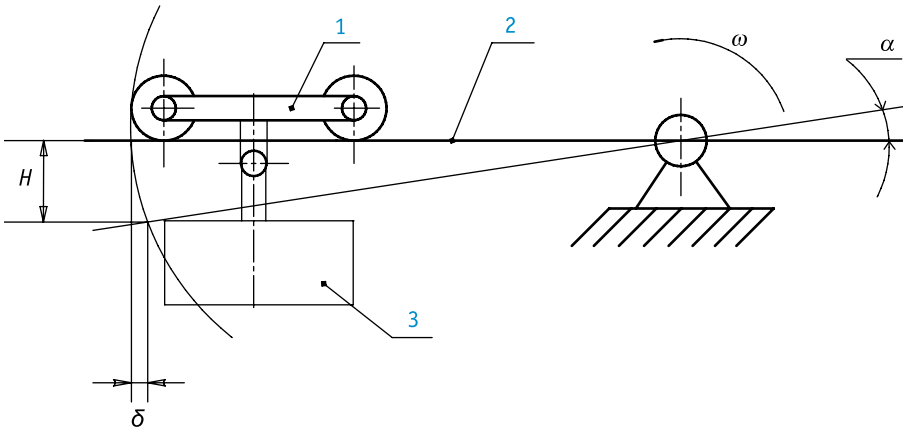

Рис. 5. *Відхилення захоплювальної головки від заданої позиції в кінцевому положенні каретки*

Під час впровадження вкладальника за схемою рис. 3 необхідно враховувати особливості процесу захоплення і переміщення масиву пляшок, що сформований на конвеєрі і підготовлений до вкладання. А саме: для випадку, коли головка «наїжджає» на масив, за досягнення крайнього правого положення, відбувається захват масиву, після чого починається його переміщення за допомогою захоплювальної головки по горизонтальній траєкторії до моменту виходу із зони розміщення стола-накопичувача і далі. Цей період характеризується тим, що можливі різні варіанти циклограми роботи складових елементів вкладальника залежно від влаштування накопичувального столу (приводний або неприводний, рольганг). Наприклад, після захвату масиву пляшок останні знаходяться в контакті з двома елементами конструктивної схеми: зверху — захоплювальна головка, знизу — опорна поверхня стола-накопичувача. При цьому з боку захоплювальної головки на масив діє сила захоплення, а з боку опорної поверхні — реакція зв'язків, яка залежить від сили тяжіння масиву. За подальшого переміщення на масив зверху буде діяти рушійна сила, знизу, у разі варіанту з нерухомою опорною поверхнею, сила опору руху, величина якої залежатиме від матеріалу поверхні і пляшок, конструктивного виконання обох складових, застосування прийомів, що зменшують коефіцієнт тертя ковзання та ін. При цьому виникає момент М пари сил $P_{руш.}$ і $P_{оп.}$ (рис. 4) з плечем, що дорівнює ≈ висоті пляшки. Цей чинник є важливим у випадку переналагодження вкладальника для роботи з пляшками різного типу і отже, різної висоти. При значному збільшенні висоти *h* (рис. 4) будуть суттєво зростати динамічні навантаження, що вкрай негативно впливатиме на чинники надійності роботи, довговічності механізмів та ін. У таких випадках може бути рекомендовано зменшення до мінімуму сили опору переміщенню масива пляшок в період руху захоплювальної головки з масивом пляшок ліворуч шляхом запровадження, наприклад, полотна рольганга як робочої поверхні стола-накопичувача. При значних величинах висоти *h* він має бути приводним і включатися в момент повного захвату масиву пляшок.

Що стосується вкладальника за схемою рис. 2, то подібної проблеми тут не виникає. Але спільною для обох схем є проблема позиціювання масиву пляшок під час його вкладання в транспортну тару. Мається на увазі строго вертикальне переміщення захоплювальної головки з масивом пляшок вниз.

Суть проблеми в тому, що в період переходу захоплювальної головки з горизонтального напрямку до вертикального необхідне суміщення двох рухів головки — горизонтальної каретки 1 по траверсі 2 і нахил її на кут, що відповідав би необхідній висоті *H* (рис. 5). У цей час неминуче виникає відхилення вертикальної траверси на величину *δ*. Те саме стосується і правого положення головки 3 під

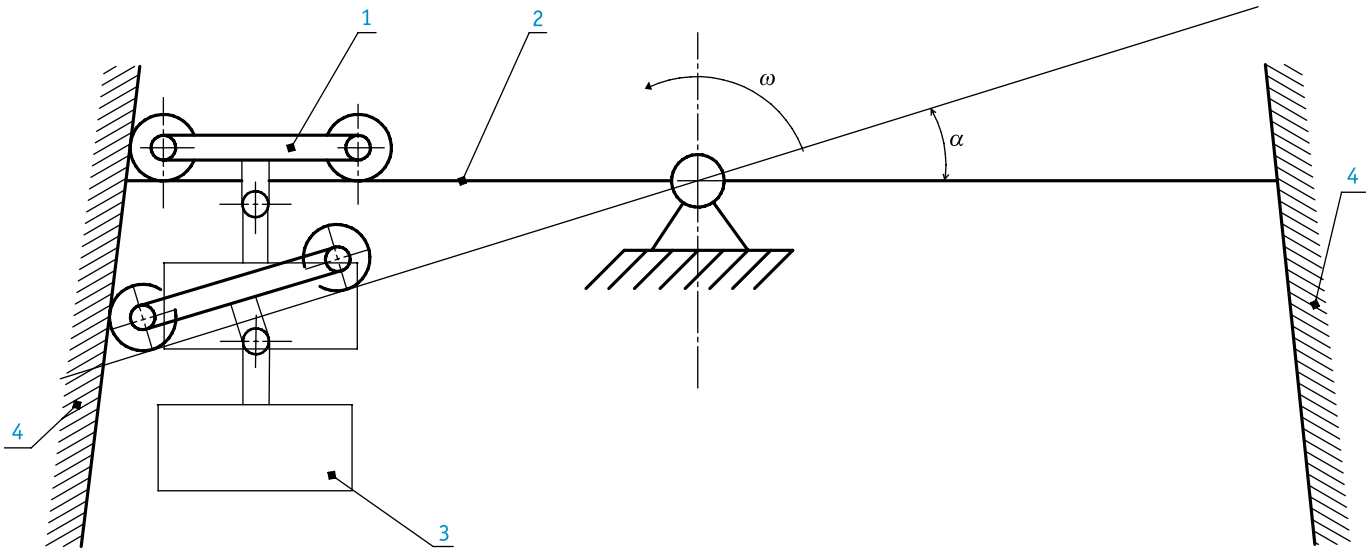

Рис. 6. *Установка обмежувальних напрямних для позиціювання захоплювальної головки в кінцевому положенні: 1 — каретка; 2 — траверса; 3 — головка; 4 — вертикальні обмежувальні напрямні*

час подачі її до місця захвату масиву пляшок. Як наслідок виникатимуть динамічні навантаження. Один з можливих варіантів вирішення проблеми — ставити вертикальні обмежувальні 4 нерухомі напрямні на обох позиціях (рис. 6).

Щодо приводів механізму захоплювальної головки слід зазначити, що за період становлення пакувальної індустрії в машинах для пакування готової продукції та виконання інших кінцевих операцій традиційним стало застосування пневмо- та електромеханічних приводів. Сфери їх застосування розподілились приблизно в паритетних пропорціях (між ними — комбіновані приводи). Модернізація виконавчих механізмів у вкладальних машинах певно має йти шляхом спрощення структурних схем за кількістю ланок, скорочення кількості і спрощення рухів ланок з метою досягнення компактності, зменшення динамічних навантажень, метало- та енергоємкості.

Як свідчить аналіз [4], найкращих результатів можна домогтися, застосовуючи при цьому комбінований привод, а для деяких схем — і суто пневмопривод.

Як було згадано вище, четверте покоління пакувальних машин все більше вступає в свої права і ця обставина вимагає керованого і контрольованого привода. З таких найбільшу популярність набувають слідкуючі електроприводи на основі сервосистем. Поєднання наведених схем укладальних машин за використанням їх залежно від виду лінії фасування і скляної тари та застосуванням сучасного приводу рухомих вузлів відкриває шляхи модернізації машин, покликаних виконувати заключні операції в лініях фасування рідких харчових продуктів.

Література

1. *Васильківський А.В., Соколенко А.І.* Транспортно-технологічні системи в лініях фасування // Упаковка. – 2002. – № 3. – С. 30–31.

2. *Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І.* Пакувальне обладнання : перспективи розвитку // Харчова і переробна промисловість. – 2009. – № 4-5. – С. 28–30.

3. *Якимчук М.В.* Мехатронні модулі лінійного переміщення обладнання для групового пакування // Упаковка. – 2013. – № 3. – С. 47–51.

4. *Беспалько А.П., Валіулін Г.Р.* Пристрої для вкладання пляшок в транспортну тару // Упаковка. – 2008. – № 4. – С. 44–46.

5. Патент України 37783, бюл. № 4, 2001.

6. Патент України 85675, бюл. № 22, 2013.

7. Патент України 82764, бюл. № 15, 2013.

Исполнительные механизмы укладочных машин в линиях фасования (пути модернизации)

А.П. Беспалько, к.т.н., Г.Р. Валиулин, к.т.н., Н.В. Якимчук, к.т.н., В.С. Костюк, к.т.н.

Укладочные машины являются одним из ключевых звеньев транспортно-технологических систем на участках упаковывания пищевой продукции. Они существенным образом влияют на производительность линии в целом. Их работа — циклична, коэффициент запаса производительности достигает 15-20 %. Авторы предлагают пути их модернизации.

Это три варианта кинематических схем устройств, которые отличаются простотой, меньшей металлоемкостью, компактностью и др.

Проведен кинематический анализ предложенных схем. Даны рекомендации по видам приводов — комбинированные и в отдельных случаях — чисто пневматические.

Ключевые слова: упаковывание; укладочные машины; укладочная головка; пневматический привод.

Actuating mechanism of laying machines in the filling lines (the path of modernization)

A.P. Bespalko, Ph.D., G.R. Valiulin, Ph.D., N.V. Yakymchuk, Ph.D., V.S. Kostyuk, Ph.D.

Laying machines are one of the key elements of transport and technological systems in the areas of packaging of food products. They significantly affect the overall productivity of the line. Their work — cyclical, the safety factor productivity is 15-20 %. The authors suggest ways to upgrade them. This are three options kinematics devices that are simple, less metal, compactness, etc. It's conducted kinematic analysis of the proposed schemes. The authors give recommendations on the types of drives — and combined in some cases — clean air.

Keywords: packaging; laying machine; laying head; pneumatic device.