

Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, А.С. Воробей, И.А. Барановский

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: labpotato@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

В статье определены прочностные свойства клубней картофеля при сжатии клубней картофеля, разрыве и обдире картофельной кожуры.

Ключевые слова: максимальные нагрузки, клубни картофеля, размерно-весовые характеристики, картофельная кожура, сжатие, разрыв, обдир.

D.I. Komlach, V.V. Goldyban, A.S. Verabei, I.A. Baranovsky

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: labpotato@mail.ru

EVALUATION STRENGTH PROPERTIES THE TUBERS OF POTATOES

In article were evaluated strength properties the tubers of potatoes near process compression tubers of potatoes, pulling and twisting peel of potatoes.

Keywords: maximum loading, tubers of potatoes, size-masa characteristics, the peel of potatoes, compression, pull, twist.

Введение

Картофельная кожура, как внешняя ткань корнеплода, выполняет функцию защиты и сохранения свежести мякоти, создает решающую функцию, для проектирования картофелеуборочных машин. В этой статье были проведены исследования по определению прочностных свойств картофельных клубней, для чего были выбраны четыре сорта картофеля: среднеспелый – Скарб; среднеранний – Бриз; ранний – Лель; среднепоздний – Лилея. Прочностные свойства клубней определялись в ходе проведения испытаний на сжимающие нагрузки, растягивающие нагрузки и изгибающие нагрузки. Испытания проводились с использованием электронной универсальной испытательной машины Tinius Olsen H150K-U, (рис. 1). Для того чтобы правильно проектировать рабочие органы серийно выпускаемых машин от уборки до послеуборочной доработки картофеля, с целью минимизации потерь продукции, в процессе испытаний, были получены значения максимально допустимых нагрузок, возникающих в клубнях картофеля [1].

Основная часть

Факты показывают, что подавляющее большинство механических повреждений картофеля происходит в процессе уборки урожая. [2]. Механические повреждения и абразивное истирание серьезно влияют на урожайность и наносят повреждения клубням картофеля. В ходе всего комплекса от уборки до послеуборочной доработки, в клубнях картофеля возникают статические и динамические нагрузки, такие как сжатие, вибрация, столкновение, удар, а также другие формы нагрузок, формирующихся непосредственно в процессе обработки картофеля и имеющих форму пластического или хрупкого разрушений. Для того чтобы снизить механические повреждения, возникающие в клубнях картофеля, от его уборки до послеуборочной доработки, необходимо определить значения максимально допустимых нагрузок при сжатии клубней картофеля, разрыве и обдире кожуры клубня картофеля.

Для определения максимально допустимых сжимающих нагрузок, растягивающих нагрузок и изгибающих нагрузок, действующих на клубни картофеля, были выбраны четыре сорта картофеля с содержанием влаги от 80 до 86 %.

После определения размерно-весовых характеристик (табл. 1), клубни картофеля, в которых определялись сжимающие нагрузки, были промаркированы и упакованы в бумажные пакеты, а затем положены в холодильную камеру на хранение. Хранение продолжалось с 1 мая 2020 года по 18 мая 2020 года.

Т а б л и ц а 1. – Размерно-весовые характеристики клубней картофеля

№	Длина, мм	Толщина, мм	Ширина, мм	Вес, гр	Влажность, %
Сорт «Скарб»					
1	78	42	50	112	86,2
2	83	42	51	117	
3	80	44	57	124	
4	83	46	560	132	
Сорт «Бриз»					
1	78	45	44	114	81,3
2	69	47	57	110	
3	77	45	53	118	
4	72	44	54	113	
Сорт «Лель»					
1	60	47	58	107	80,3
2	64	41	55	0,88	
3	65	450	470	0,98	
4	58	44	54	0,84	
Сорт «Лиля»					
1	59	45	51	0,84	82,2
2	58	34	51	0,70	
3	60	45	47	0,82	
4	60	45	48	0,83	

По истечению срока хранения, клубни картофеля были отправлены на исследования по определению максимальных нагрузок на сжатие, на разрыв и на обдир.



Рис. 1. Универсальная испытательная машина Tinius Olsen H150K-U

В процессе уборки, хранения и транспортировки картофель, как правило, подвергается различным нагрузкам в реальных условиях. Поэтому очень важно определить прочностные свойства целого картофеля в этих условиях. Подготовка испытаний картофеля на сжатие включала в себя выбор фиксированной скорости сжатия образца, составившую 15 мм/мин. Также был проведен однофакторный опыт по определению содержания влаги. Соответственно, для исследований были отобраны клубни картофеля четырех сортов. После определения влажности они были подвергнуты сжатию в направлении оси Z под влажосодержанием естественного хранилища. Для каждого сорта было проведено четыре повторных испытания при одинаковом содержании влаги. Данные были статистически проанализированы и взято среднее их значение. Во время испытания, в качестве нагрузочного устройства, использовались металлические диски (рис. 2). Весь клубень картофеля был помещен в центр между дисками.



Рис. 2. Вид клубня картофеля при испытании на сжатие
После окончания опыта, данные о сжимающих нагрузках, заносились в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – Результаты испытаний на сжатие

Сорт картофеля	Максимальная нагрузка, H
«Скарб»	1267
«Бриз»	1405
«Лель»	995
«Лилея»	953

Исследования на сжатие клубней картофеля показали, что основной причиной влияния содержания влаги на прочность и сжатие картофеля состоит в том, что картофель является вязкоупругим твердым сельскохозяйственным материалом, а разное содержание влаги приводит к разнице его внутренней структуры и механической прочности. Чем выше содержание влаги, тем мягче внутренняя ткань картофеля и тем ниже устойчивость к его разрушению; при воздействии внешних нагрузок, жидкость внутри ячейки может вызвать воздействие внутреннего давления на стенку ячейки. Это позволяет клеткам находиться в состоянии упругого давления, проявляя упругие свойства, таким образом, картофель легко деформируется и его способность к сжатию уменьшается. По мере того как содержание влаги уменьшается, клеточное давление во внутренней ткани картофеля уменьшается, показывая увеличение жесткости и эластичности внутренней клеточной стенки, кроме того, внутренняя ткань плотно связана, твердость корнеплодов картофеля увеличивается.

В ходе проведенных испытаний было определено, что наиболее прочным является сорт Бриз, так как чтобы его разрушить, необходимо затратить сжимающую нагрузку равную 1405 Н , с содержанием влаги $86,2\%$. А наиболее легко поддающимся разрушению является сорт Лилея, которому достаточно нагрузки 953 Н , с содержанием влаги $82,2\%$.

Определение прочностных свойств на разрывающие нагрузки

Для определения прочностных свойств кожуры клубней картофеля были взяты фрагменты образцов кожуры картофеля, срезанных с наибольшей площади на корнеплоде: в продольном, а также поперечном направлениях.

Для испытаний на разрывающие нагрузки, кожура четырех сортов нарезалась специализированным инструментом (рис. 3 и рис. 4) на фрагменты с заданными параметрами: в ширину 15 мм , в длину – 40 мм , толщиной 2 мм . Два фрагмента двух клубней нарезались продольными нарезками – от верха клубня до низа, два – поперечными – от левого края клубня до правого (рис. 3 и рис. 4).

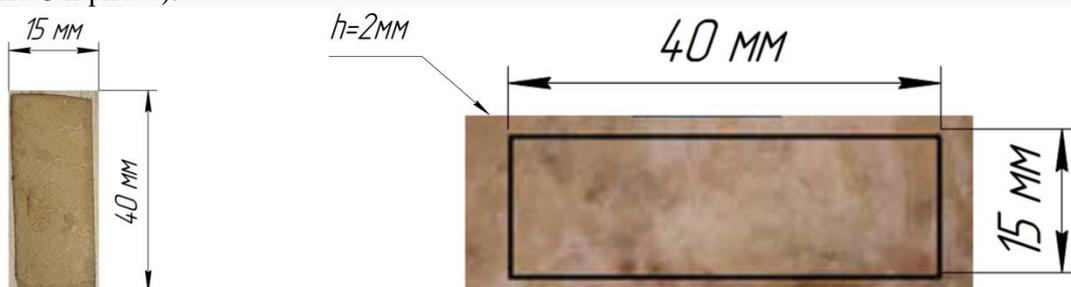


Рис. 3. Образец фрагмента кожуры клубня картофеля с заданными параметрами



Рис. 4. Инструмент для нарезки клубней картофеля на фрагменты

Для определения количества влаги во фрагментах картофельной кожуры, испытания проводились одновременно с исследованиями (рис. 5).



Рис. 5. – Испытание на разрыв кожуры картофеля

а) вставка фрагментов в металлические зажимы машины Tinius Olsen H150K-U, скорость перемещения металлических зажимов составила 1 мм/мин;

б) представлены зависимости приложенной нагрузки в Н от перемещения металлических зажимов в мм, а также зависимость приложенного напряжения в МПа от вызванной в картофельной кожуре деформации в %.

После того, как происходил полный разрыв фрагмента кожуры клубня картофеля, опыт прекращался. Данные разрывающих нагрузок заносились в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. – Результаты испытаний на разрыв

Сорт картофеля	Направление приложения нагрузки	Максимальная нагрузка, Н	Максимальное сопротивление, МПа
«Скарб»	Продольное	12,2	0,457
	Поперечное	13,9	0,514
«Бриз»	Продольное	14,6	0,541
	Поперечное	19,6	0,600
«Лель»	Продольное	11,6	0,482
	Поперечное	11,2	0,448
«Лиляя»	Продольное	9,88	0,419
	Поперечное	9,8	0,384

После проведенных испытаний было определено, что наиболее прочной кожурой обладает сорт Бриз, так как на него необходимо затратить максимальную нагрузку на разрыв в продольном направлении, равную 14,6 Н, при которой сопротивление разрыву будет равно 0,541 Мпа; в поперечном направлении нагрузка составила 19,6 Н, а сопротивление разрыву 0,600 МПа. Наиболее легко поддающийся разрыву является сорт Лиляя, которому достаточно приложенных нагрузок в продольном направлении – 9,88 Н – сопротивление разрыву составило 0,419 МПа, а в поперечном направлении – 9,8 Н, при сопротивлении 0,384 Мпа, соответственно

Клубни картофеля как показано на рис. 6, для проведения исследований на изгибающие нагрузки, нарезались в поперечном направлении фрагментами с заданными параметрами – 15 мм в ширину и 40 мм в длину.

Фрагменту кожуры картофельного клубня, делался надрез в центре по следующим параметрам: 15 мм в ширину, 40 мм и в длину 7,5 мм от края до середины и сверху вниз до середины 20 мм.

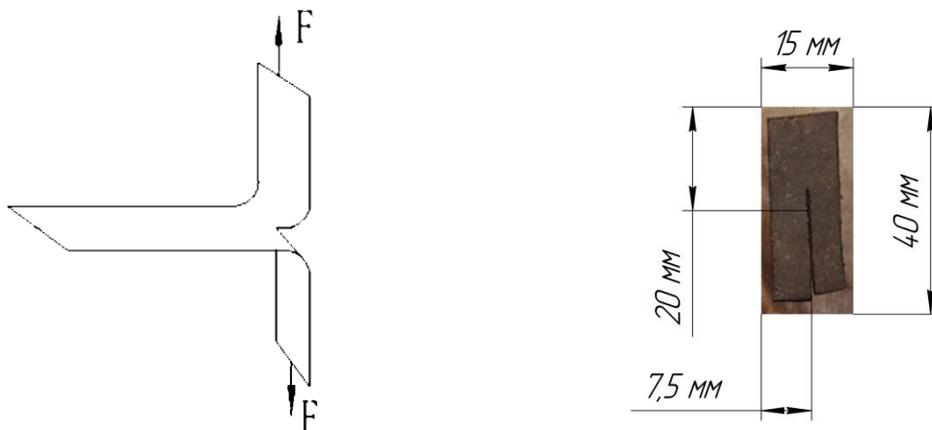


Рис. 6. Вид фрагмента кожуры клубня картофеля, для проведения испытания на обдир [3]

Фрагмент кожуры клубня картофеля за края вставлялся в металлические зажимы машины Tinius Olsen H150K-U (рис. 7) и растягивался. Скорость металлических зажимов составила 1 мм/мин.



Рис. 7. Испытание на обдир образцов кожуры картофеля

Испытания продолжались до тех пор, когда нагрузка не начинала уменьшаться. Результаты испытаний приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. – Результаты испытаний на обдир

Сорт картофеля	Максимальная нагрузка, Н
«Скарб»	0,597
«Бриз»	0,624
«Лель»	0,586
«Лиляя»	0,470

После проведенных испытаний было определено, что наиболее прочной кожурой при обдире обладает сорт Бриз, так как на него необходимо приложить нагрузку в поперечном направлении 0,624 Н. А наиболее легко поддающимся обдире является сорт Лиляя, которому достаточно приложенной нагрузки в поперечном направлении, равной 0,470 Н.

Заключение

1. В ходе проведенных испытаний было определено, что наиболее прочным является сорт Бриз, так как чтобы его разрушить, необходимо затратить сжимающую нагрузку равную 1405 Н. А наиболее легко поддающимся разрушению является сорт Лиляя, которому достаточно нагрузки 953 Н.

2. После проведенных испытаний было определено, что наиболее прочной кожурой обладает сорт Бриз, так как на него необходимо затратить нагрузку на разрыв максимальную в продольном направлении равную 14,6 Н, при которой, сопротивление разрыву будет равно 0,541 МПа. В поперечном направлении нагрузка составила 19,6 Н, а сопротивление разрыву 0,600 МПа.

3. Наиболее легко поддающимся разрыву является сорт Лиляя: достаточно приложенных нагрузок в продольном направлении 9,88 Н, при которой сопротивление разрыву составило 0,419 МПа, а в поперечном направлении 9,8 Н, при сопротивлении 0,384 МПа соответственно.

4. В результате проведенных испытаний было определено, что наиболее прочной кожурой при обдире обладает сорт Бриз, так как на него необходимо приложить нагрузку в поперечном направлении 0,624 Н. А наиболее легко поддающимся обдире является сорт Лиляя, которому достаточно приложенной нагрузки в поперечном направлении равной 0,470 Н.

Список используемых источников

1. Кузьмин, А.В., Мамичева, К.Н. Оценка пригодности сортов картофеля к индустриальной технологии возделывания и уборки. Технические средства для обеспечения интенсивных технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. Сб. научн. трудов Московского ин-та инж. с.х. пр-ва. Москва, 1989. – С. 82–87.

2. Junwei, Li. Mechanical properties and microstructure of potato peels / Li Junwei, Ma Yunhai, Tong Jin, Ma Zichao, Wang Lidong, Yu Jiangtao // Journal of Food Properties. – 2018, China. – VOL. 21. – N. 1. – P. 1395–1413

3. Zhiguo, Li. Mechanical Models of Compression and Impact on Fresh Fruits / Zhiguo Li, Fengli Miao, James Andrews // In Food Science and Food Safety. – 2017, UK, – v. 7. – P. 1296–1311.